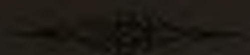




Treptow,

Bergbaukunde



Wien
Spielhagen & Schurich

Grundzüge

der

Bergbaukunde

einschließlich der

Aufbereitung

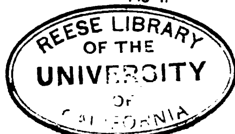
als zweite Auflage des Katechismus der Bergbaukunde
von Emil Stöhr

bearbeitet von

E. Treptow,
Königl. Sächs. Bergamts-Markscheider und Bergschuldirector.

Mit 230 in den Text gedruckten Abbildungen.

Wien, 1892.
Spielhagen & Schurich
Verlagsbuchhandlung
I. Kumpfgasse 7.



K. und k. Hofbuchdruckerei Karl Prochaska in Teschen.

Vorwort.

Der im Herbst 1889 von der Verlagsbuchhandlung an mich ergangenen Aufforderung, eine neue Auflage des Stöhr'schen Katechismus der Bergbaukunde zu bearbeiten, habe ich gern entsprochen, zumal damals eine kleinere, dem gegenwärtigen Stande der Technik entsprechende Bergbaukunde nicht vorhanden war. An Stelle der Form des Katechismus ist mit Rücksicht auf die etwaige Weiterverwendung des Buches beim Bergschulunterrichte die Form des Lehrbuches getreten.

Die Neubearbeitung des Stoffes ist, hoffentlich nicht zum Schaden des Werkchens, eine ziemlich durchgreifende gewesen; zu dem früheren Inhalte wurde außer einer zeitgemäßen Vervollständigung aller Abschnitte auch das Nötige über Tiefbohrung und Aufbereitung hinzugefügt. In der Darstellung habe ich mich der größten Kürze und möglichster Einfachheit der Sprache befleißigt; ein ausführliches Sachregister und vielfache Verweisungen werden die Benützung des Buches erleichtern.

Bei thunlichst gleichförmiger Behandlung des gesamten Stoffes wurden doch einige Abschnitte etwas ausführlicher besprochen, weil sie eine besondere Bedeutung für die Betriebssicherheit und Ertragsfähig-

keit haben, andere deshalb, weil die Verantwortung für ihre richtige Handhabung gewöhnlich auf den Schultern der Unterbeamten zu lasten pflegt, für die das Werkchen in erster Linie bestimmt ist. Doch dürfte dasselbe auch zur ersten Einführung in die Bergbaukunde Studierenden, Besitzern und Actionären von Bergwerken, sowie Freunden unserer Wissenschaft dienen können. Möge dem Werkchen von diesen Seiten eine freundliche Aufnahme, von den Herren Fachgenossen eine wohlwollende und nachsichtige Beurteilung zuteil werden.

Nicht unerwähnt kann ich lassen, daß Herr Rißarchivar Gretschel und der Bergschüler E. Bartel mich durch ihre Unterstützung bei Anfertigung der Zeichnungen zu vielem Danke verpflichtet haben.

Freiberg, im April 1891.

E. Treptow.

Inhaltsverzeichnis.

IV. Die Grubenbaue.

V. Der Grubenausbau.

VI. Die Förderung.

VII. Die Fahrung.

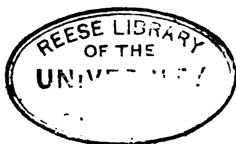
VIII. Die Wasserhaltung.

IX. Wetterlehre.

X. Die Aufbereitung.

Berichtigungen.

Die Fig. 19 und 60 sind aus Versehen verkehrt eingesetzt worden.



Einleitung.

Bergbau nennt man das Gewerbe der Gewinnung nutzbarer Mineralien an der Oberfläche oder im Innern der Erde. Die nutzbaren Mineralien gehören zu den Rohstoffen und sind der Hauptsache nach Erze, fossile Brennstoffe und Salze. Die Anlagen, welche zum Zwecke des Bergbaus erforderlich sind, heißen Gruben oder Bergwerke, auch Zechen, Berggebäude.

Die Gewinnung der Gesteinsarten, den Steinbruchbetrieb, sei es, daß er oberirdisch oder unterirdisch betrieben wird, rechnet man nicht zum Bergbau im engeren Sinne.

Die Bergbaukunde umfaßt die zum Betriebe der Bergwerke nötigen technischen Kenntnisse und wird in folgende Abschnitte eingeteilt:

I. Die Lagerstätten.
II. Das Aufsuchen der Lagerstätten.
III. Die Gewinnungsarbeiten.
IV. Die Grubenbaue.
V. Der Grubenausbau.
VI. Die Förderung.
VII. Die Fahrung.
VIII. Die Wasserhaltung.
IX. Die Wetterlehre.
X. Die Aufbereitung.
XI. Betrieb und Verwaltung der Gruben.

I. Die Lagerstätten.

Allgemeines.

Die nutzbaren Mineralien treten in der Erdrinde nur in geringer Verbreitung auf. Eine Anhäufung gewerblich wichtiger Mineralien nennen wir eine **Lagerstätte**; ihre **Abbauwürdigkeit** hängt im allgemeinen von den Gewinnungskosten und dem oft schwankenden Werte der auf der Lagerstätte **einbrechenden** Mineralien ab. Löhne, Materialpreise, Frachten u. s. w. bestimmen die Höhe der Gewinnungskosten, welche mit zunehmender Teufe des Bergbaus, infolge der Schwierigkeit der Fahrung, Förderung und Wasserhaltung, sowie wegen des erhöhten Materialverbrauches, bedeutend zu steigen pflegen.

Für den Bergmann ist nächst der Abbauwürdigkeit einer Lagerstätte die **besondere Form** und das **räumliche Verhalten** derselben von größter Wichtigkeit, da hiervon die Art der Gewinnung wesentlich bedingt wird. Ihrer Form nach teilen wir die Lagerstätten in zwei Hauptgruppen ein:

1. **plattenförmige Lagerstätten.**
   Gänge, Lager und Flöze.
2. Lagerstätten von **unregelmäßiger Form.**
   Stöcke, Butzen, Nester; Stockwerke, Imprägnationen und Seifen. (Fig. 1.)

Bei weitem die meisten Lagerstätten sind anderen Gesteinen **eingelagert**, so die Gänge, Flöze und Lager, die Stöcke u. s. w., doch giebt es auch solche, die anderen Gesteinen **aufgelagert** sind. Hierher gehören die **oberflächlichen Lager** z. B. von Torf und Raseneisenstein und z. T. die **Trümmerlagerstätten** oder **Seifen.**

Contactlagerstätten nennt man Lagerstätten, welche sich an der Berührungsfläche zweier verschiedener Gebirgsglieder finden. Der durch seinen Silber- und



Fig. 1. Lagerstätten.
a Gang, b Flöz, c Lager, d Stock, e Imprägnation, f Oberflächliches Lager, g Seifen, h Contactlagerstätte.

Goldreichtum berühmte Comstock-Lode in Nevada ist in seinem erzreichsten Teile ein Contactgang zwischen Propylit im Hangenden und Syenit im Liegenden. Im sächsischen Erzgebirge treten an der Grenze von Granit und Glimmerschiefer mehrfach Roteisensteingänge auf.

Die Gewinnung der eingelagerten Lagerstätten findet durch Grubenbetrieb, d. h. unterirdisch statt, die Gewinnung der aufgelagerten Lagerstätten durch Tagebau.

Die plattenförmigen Lagerstätten.

Die plattenförmigen Lagerstätten haben zwei vorherrschende Ausdehnungen, das Streichen oder die Erstreckung in söhliger (wagrechter) Richtung und das Fallen, die Erstreckung in die Teufe. Die dritte Abmessung, die Stärke der Platte, nennen wir die Mächtigkeit.

Unter Streichlinie verstehen wir eine in der Ebene der Lagerstätte wagrecht gezogene Linie; jede in der Ebene der Lagerstätte senkrecht zur Streichlinie gezogene Linie ist eine Falllinie. Die Streichrichtung einer Lagerstätte wird bestimmt durch den Winkel, den die Streichlinie mit der Nord-Südrichtung einschließt.

Es ist zu unterscheiden das Streichen gegen den astronomischen und dasjenige gegen den magnetischen Meridian. Beide Winkel sind um den Betrag der Declination verschieden und werden am einfachsten mittels des Compasses bestimmt. Der Fallwinkel ist derjenige Winkel, den die Ebene der Lagerstätte mit einer wagrechten Ebene einschließt, derselbe wird mit Hilfe des Gradbogens gefunden. Der Angabe über das Fallen ist die Himmelsgegend hinzuzufügen, nach welcher hin die Lagerstätte fällt, z. B. 60° in Ost. Näheres hierüber lehrt die Markscheidekunde, ein Zweig der Vermessungskunde.

Der Teil einer Lagerstätte an der Erdoberfläche heißt das Ausgehende, der Ausstrich. Das Nebengestein, auf welchem die Lagerstätte liegt, nennen wir das Liegende, dasjenige, welches sich über der Lagerstätte befindet, sie bedeckt, das Hangende. Bei Flözen und Lagern spricht man auch von Sohle und Dach.

Sowohl das Streichen und Fallen, wie auch die Mächtigkeit der plattenförmigen Lagerstätten sind häufigem Wechsel unterworfen, doch zeigen im allgemeinen die Flöze größere Regelmäßigkeit als die Gänge. Nimmt die Mächtigkeit zu, so sagt man: die Lagerstätte thut sich auf, nimmt die Mächtigkeit schnell ab, die Lagerstätte verdrückt sich. Verschwindet die Lagerstätte gänzlich, und berühren sich das Hangende und Liegende unmittelbar, so sagt man: die Lagerstätte keilt sich aus.

Das Hauptstreichen, beziehungsweise Hauptfallen, ist das Mittel aus mehreren unter sich verschiedenen Streich- beziehungsweise Fallrichtungen derselben Lagerstätte.

Die Gänge.

Gänge sind wiederausgefüllte Spalten in den verschiedenen Gesteinen, sie treten in den eruptiven Gesteinen, den krystallinischen Schiefern und auch im geschichteten Gebirge auf, doch sind sie in den jüngsten

Formationen selten. Im Salzburgischen nennt man die Gänge Blätter, in Siebenbürgen Klüfte.

Die Gänge sind daher jünger als das Nebengestein; das Hangende und das Liegende sind gleichaltrig. Mit der Ursache der Entstehung der Spalten, sowie mit den Hypothesen über die Vorgänge bei der Spaltenausfüllung beschäftigt sich die Geologie.

Nach der Ausfüllung der Spalten können die Gänge folgendermaßen eingeteilt werden:

1. In Mineralgänge, ihre Ausfüllung, die Gangmasse besteht aus den verschiedensten Mineralien, welche sich aus Lösungen z. T. in Krystallen und krystallinischen Massen ausgeschieden haben.

2. Die Ausfüllung der Gesteinsgänge besteht aus kleinkrystallinischer Gesteinsmasse, welche in glutflüssigem Zustande in die Spalten eingedrungen und dann erstarrt ist. Derartige Gänge bilden z. B. Basalt, Granit, Porphyr.

3. Klüfte, Verwerfungen, Sprünge, am Harz Ruscheln, werden Spalten im Gebirge genannt, auf welchen sich hauptsächlich zerriebene, sandige und zersetzte, thonige Massen, auch Bruchstücke des Nebengesteins vorfinden. Daß oft ein Gleiten des Hangenden einer Gangspalte auf dem Liegenden stattgefunden hat, wird durch das Vorkommen abgeschliffener Flächen, sogenannter Gleitflächen, Spiegel oder Harnische erwiesen.

Für den Bergmann sind die Mineralgänge von besonderer Wichtigkeit und unter diesen wiederum die Erzgänge, d. h. Gänge, auf welchen Erze, Verbindungen der Schwermetalle oder Schwermetalle selbst, in größerer Menge einbrechen.

Der Art und Weise der Spaltenbildung nach sind zu unterscheiden: einfache Gänge und zusammengesetzte Gänge. Die einfachen, z. B. die Freiberger Gänge, bestehen in der Hauptsache in der Ausfüllung einer Spalte; die zusammengesetzten, z. B. die Oberharzer Gänge sind Gruppen von Spalten, welche nahe nebeneinander laufen, z. T. sich kreuzen, doch im allgemeinen

einer Richtung folgen. Mehrere nicht weit von einander entfernte parallel laufende einfache Gänge bilden einen Gangzug. Öffnete sich eine Gangspalte, nachdem sie einmal ausgefüllt war, nochmals und hat sich neben der ersten Ausfüllungsmasse eine zweite abgelagert, so nennt man einen solchen Gang Doppelgang. Im Felde von Himmelfahrt Fdgr. zu Freiberg setzen mehrere Gänge auf, bei welchen neben einem Trume der kiesigen Bleiformation ein Braunspattrum auftritt.

Gangtrümer (auch Gangtrümmer) sind Gänge von geringer streichender und fallender Ausdehnung, die gewöhnlich mit Hauptgängen in Verbindung stehen. Das mächtigste von den Trümern, in die sich ein Gang teilt, heißt Haupttrum. Setzt ein Trum in's Liegende, so ist es ein liegendes Trum, setzt es in's Hangende, ein hangendes Trum. Ein Bogentrum trennt sich von einem Hauptgange und schart sich wieder an ihn an, ein Diagonal- oder Quertrum geht von einem Hauptgange ab und schart sich an einen andern an. (Fig. 2.) Trümer von sehr geringer Mächtigkeit werden Schnüre genannt.



Fig. 2.
A B Hauptgänge, a Hangendes Trum, b Liegendes Trum, c Bogentrum, d Quertrum.

Das gegenüberliegende Gehänge eines Gebirgsthales nennt der Bergmann das Gegengebirge; durchsetzt ein Gang ein Thal, so wird seine Fortsetzung im Gegengebirge Gegentrum genannt.

Dem Streichen nach bezeichnet man die Gänge in den verschiedenen Ländern verschieden. Im Königreich Sachsen nennt man Gänge,

die zwischen N und NO oder hora 12—3 streichen, Stehende Gänge;

die zwischen NO und O oder hora 3—6 streichen, Morgen-Gänge;

die zwischen O und SO oder hora 6—9 streichen, Spat-Gänge;

die zwischen SO und S oder hora 9—12 streichen, Flache Gänge.

Die Stunden 3, 6, 9 und 12 nennt man Wechselstunden; Gänge, die der Wechselstunde nahe streichen, heißen tiefstreichende oder hochstreichende. Ein hochstreichender stehender Gang würde etwa ein Streichen von hora 2 ½ haben.

Der Fallwinkel der Gänge ist gewöhnlich steiler als 45°. Man bezeichnet Gänge

mit einem Fallen von 0—15° als schwebende,
„ „ „ „ 15—45° „ flachfallende,
„ „ „ „ 45—75° „ tonnenlägige,
„ „ „ „ 75—90° „ seigere.*)

In Bezug auf die Fallrichtung spricht man von rechtsinnig und widersinnig fallenden Gängen. Diese Bezeichnungen werden in verschiedenen Gegenden auch verschieden gebraucht, so bedeutet rechtsinnig fallend, mit Beziehung auf die Schichtung des Nebengesteins, nach derselben Himmelsgegend einfallend wie diese. In vielen Revieren bezeichnet man als rechtsinniges Fallen die Fallrichtung der Mehrzahl der bekannten Gänge derselben Streichrichtung, als widersinnig fallend einen Gang, der von der allgemeinen Regel eine Ausnahme macht.

Ändert ein Gang sein Streichen, so sagt man, er kommt aus seiner Stunde, auch, er streicht zu tief, zu hoch. Man sagt, der Gang schlägt einen Haken, wenn die Streichrichtung sich fast um einen rechten Winkel ändert. Nimmt ein Gang ein steileres Fallen an, so sagt man, er stürzt sich, nimmt er ein flacheres Fallen an, er verflacht sich.

---

*) Hier ist seiger (auch saiger) im weiteren Sinne, etwa gleichbedeutend mit steil einfallend, gebraucht, im engeren Sinne ist es soviel als lotrecht.

Die Erstreckung der Gänge nach Streichen und Fallen ist sehr verschieden; man hat Gänge auf mehrere Tausend Meter im Streichen und auf etwa 1000 *m* im Fallen verfolgt, andere setzen kurz ab. Die größte Teufe wurde beim Gangbergbau zu Přibram in Böhmen mit 1100 *m* erreicht. Die Mächtigkeit der Gänge schwankt von wenigen *mm* bis zu einigen Metern, in seltenen Fällen selbst bis zu 40 und 60 *m*.

Die Ausfüllung der Erzgänge, die Gangmasse, besteht aus Erzen und Gangarten. Die Zahl der Erze ist sehr groß; je nach der Natur des vorherrschenden Erzes unterscheidet man: Silber-, Blei-, Zinnerzgänge u. s. w. Gangarten giebt es nur wenige, die häufigsten sind Quarz, die Karbonspäte (Kalk-, Braun-, Eisen-, Manganspat), Schwerspat und Flußspat, seltener sind Cölestin, Glimmer, Zeolithe. Die Berührungsflächen eines Ganges mit dem Nebengestein nennt man Salbänder; z. T. ist die Gangmasse mit dem Nebengestein fest verwachsen, z. T. finden sich an den Salbändern lettige Massen, Ausschram, Besteg, Lettenbesteg genannt. Berge nennt der Bergmann Nebengestein, welches bei irgend welchen Arbeiten mit gewonnen werden muß.

Das Gefüge der Ausfüllungsmasse der Gänge ist:

1. dicht, es bildet ein Mineral, z. B. Quarz oder Schwerspat die Hauptmasse des Ganges, in diesem finden sich zuweilen andere Mineralien eingesprengt.

2. massig, die einzelnen Mineralien sind nach Größe und Gestalt ungleichmäßig in der Gangmasse verteilt, sie erscheinen oft wie ineinander geknetet; so besteht die Gangmasse der kiesigen Bleiformation in Freiberg aus Bleiglanz, Zinkblende, Arsenkies, Schwefelkies, Kupferkies und Quarz.

3. lagenförmig, die verschiedenen Mineralien bilden den Salbändern parallele Lagen, welche zuweilen symmetrisch angeordnet sind. (Fig. 3.)

4. breccienartig, einen Hauptteil der Gangausfüllung bilden Stücke des Nebengesteins, die Zwischenräume sind durch Gangmineralien erfüllt, deren Anordnung oft concentrisch-lagenförmig ist. Derartige Erze heißen auch Cocardenerz, Ringelerz. (Fig. 4.)

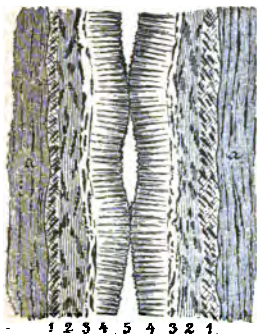


Fig. 3. Parallelstructur.
a Nebengestein, 1—4 Lagen von Mineralien, 5 Drusenräume.



Fig. 4. Breccienstructur.
a Nebengestein, 1 u. 2 Lagen von Mineralien, 3 Drusenräume.

Hohlräume in der Gangmasse, deren Wände mit Krystallen besetzt sind, nennt man Drusen, Drusenräume.

Je nachdem die Erze in der Gangmasse in größeren Massen oder kleineren Körnern auftreten, spricht man von derbem oder von grob- und fein eingesprengtem Erz. Nester, Nieren, Linsen, Augen, Funken sind Bezeichnungen für Erzanhäufungen oder Erzteilchen von verschiedener Form und Größe. Angeflogen nennt man Erze, welche in sehr dünnen Lagen auf Klüften der Gangmasse vorkommen, z. B. Gediegen Silber, Rotgültigerz.

Die Verbreitung von Erzen und Gangarten auf ein und demselben Gange wechselt häufig, man spricht daher von Erzmitteln und von tauben Mitteln. Die

Erzmittel sind je nach dem Metallinhalte reich oder arm, nach ihrer Erstreckung aushaltend oder kurz. Treten die Erze immer nur in kurzen Mitteln auf, so spricht man wohl von absätzigen Erzmitteln.

Über den Wechsel der Erzführung der Gänge lassen sich allgemeine Regeln nicht aufstellen. Zuweilen ändert sich die Erzführung mit der Teufe; so hat oft am Ausgehenden der Gänge eine Umwandlung der geschwefelten Erze in oxydische Erze und Salze stattgefunden. Die durch oxydische Eisenerze rot und braun gefärbte Gangmasse nennt man „eiserner Hut“;*) Blei- und Silbersalze sind in den oberen Teufen der Blei- und Silbererzgänge häufig. In größerer Teufe hat man teils eine Abnahme (Verarmung), teils auch eine Zunahme (Veredelung) der Erzführung bemerkt.

Mit der größeren oder geringeren Mächtigkeit der Gänge, dem Abgehen und Anscharen von Trümern an den Hauptgang, mit Gangkreuzen, endlich mit dem Wechsel des Nebengesteins sind oft Änderungen in der Erzführung der Gänge verbunden. In Freiberg sind die Erzgänge reicher im grauen als im roten Gneise; die Wismut-, Nickel- und Kobalterzgänge des oberen Erzgebirges sind am erzreichsten in den umgewandelten Schiefergesteinen nahe am Granit. In Přibram sind die Silbererzgänge in der Grauwacke mächtiger und edler als im Schiefer, ihre Erstreckung scheint mit dem Auftreten von Diabasgängen zusammenzuhängen. Die Kongsberger Silbererzgänge sind erzführend in den Fahlbändern, das sind Lagen von Glimmer- und Hornblendeschiefer, welche mit Kiesen und Blende imprägniert sind.

Ein langhin sich erstreckendes Erzmittel oder eine Reihe kleinerer Mittel, welche im Gange Zonen bilden, nennt man einen Erzfall. Auffallend ist das häufige Zusammenvorkommen gewisser Erze: so treten oft Bleiglanz, Zinkblende, Kupferkies und Schwefelkies zusammen

*) Ein altes bergmännisches Sprichwort sagt: Es thut kein Gang so gut, er hat denn einen eisernen Hut.

auf; Kobalt- und Nickelerze sind gewöhnlich mit gediegen Wismut vergesellschaftet; Zinnerz kommt häufig zusammen mit Arsenkies, Wolfram und Molybdänglanz vor.

Im Verhalten der Gänge zueinander können folgende Fälle eintreten:

1. Zwei Gänge kreuzen sich, d. h. beide setzen nach der Begegnung ungestört in ihrer Richtung fort, die Gangmasse beider Gänge geht ineinander über, woraus folgt, daß die Gänge gleichaltrig sind. (Fig. 5.)

2. Zwei Gänge durchsetzen sich. Der durchsetzende Gang ist jünger als der durchsetzte, die Gangmasse des letzteren ist unterbrochen. (Fig. 6.)

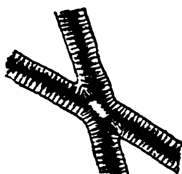


Fig. 5. Zwei Gänge, die sich kreuzen.

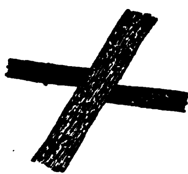


Fig. 6. Zwei Gänge, die sich durchsetzen.

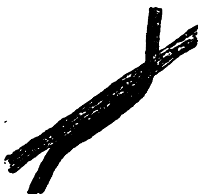


Fig. 7. Scharung zweier Gänge.



Fig. 8. Zerschlagener Gang.

3. Zwei Gänge scharen oder schleppen sich, wenn sie auf längere Erstreckung nebeneinander bleiben, nachdem sie unter spitzem Winkel zusammengetroffen sind. (Fig. 7.) Lagergang nennt man einen Gang, der sich im geschichteten Gebirge zeitweilig mit den Schichtungsklüften schart.

4. Ein jüngerer Gang zerschlägt sich an einem andern, d. h. er teilt sich in der Nähe der älteren Gangspalte in eine Anzahl Trümer. (Fig. 8.)

5. Man sagt, ein Gang schneidet den andern ab, wenn die Fortsetzung des letzteren nicht aufzufinden gewesen ist.

6. Ein Gang wird von dem anderen verworfen. (Vgl. den Abschnitt: Die Störungen der Lagerstätten.)

Flöze und Lager.

Flöze und Lager sind durch ihre mineralogische Beschaffenheit ausgezeichnete Glieder in den krystallinischen Schiefern und im geschichteten Gebirge, daher jünger als ihr Liegendes, älter als das Hangende. Sie haben sich durch allmählichen Absatz aus dem Wasser gebildet und sind den Schichten parallel eingelagert. Als Flöze werden Ablagerungen von bedeutender Flächenausdehnung bezeichnet (Steinkohlen-, Braunkohlen-, Kupferschieferflöz), als Lager die Ablagerungen von geringerer Ausdehnung. (Eisenerzlager.)

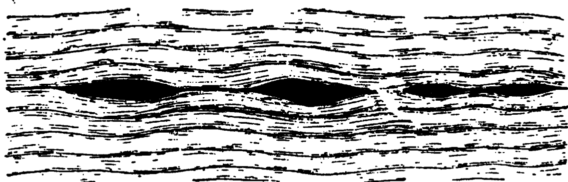


Fig. 9. Lagerzug.

Flöze finden sich oft in großer Anzahl übereinander abgelagert, so bei Saarbrücken etwa 80, bei Zwickau etwa 10 abbauwürdige Steinkohlenflöze; doch tritt zuweilen auch ein Flöz allein auf, wie das Kupferschieferflöz im Mansfeldischen. Lager sind nur selten in größerer Zahl übereinander vorhanden, dagegen finden sich häufig zwischen denselben Gesteinsschichten mehrere Lager in nicht großer Entfernung voneinander. Diese Erscheinung bezeichnet man als Lagerzug. (Fig. 9.) So hat v. Cotta in

der Kreideformation des Nordabhanges der Karpathen Lagerzüge auf eine streichende Länge von etwa 80 Meilen nachgewiesen.

Die ursprüngliche Ablagerung geschichteter Gebirgsmassen ist söhlig oder muldenförmig (Fig 10), im letzteren Falle verlaufen die Fallinien flachfallend in dem einen Muldenflügel, dann söhlig im Muldentiefsten und wieder flachansteigend im anderen Mulden-

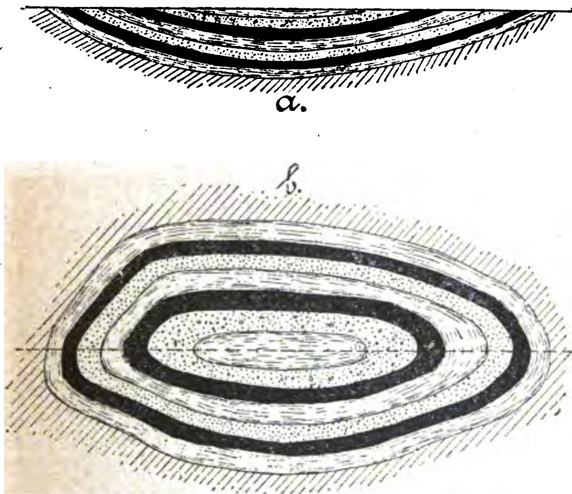


Fig. 10. Muldenförmige Ablagerung.
a Durchschnitt, b Grundriß.

flügel. Diese regelmäßige Ablagerung ist nicht selten durch Aufkippung des Schichtensystems, ferner durch Faltungen infolge seitlichen Druckes und auch durch Verwerfungen gestört. An diesen Veränderungen des geschichteten Gebirges haben naturgemäß die Flöze und Lager mit teilgenommen, so daß sie auch nachher das gleiche Streichen uud Fallen haben, wie die Schichten des Nebengesteins. Durch Faltungen entstehen Hebungen

und Senkungen, und es bilden sich nachträglich Sättel und Mulden, die ursprünglichen Fallinien erscheinen auf- und abgebogen, die Streichlinien sind hin- und hergebogen. Durch Abschwemmung von Sätteln entstehen Luftsättel und die Schichtenköpfe stehen zu Tage.

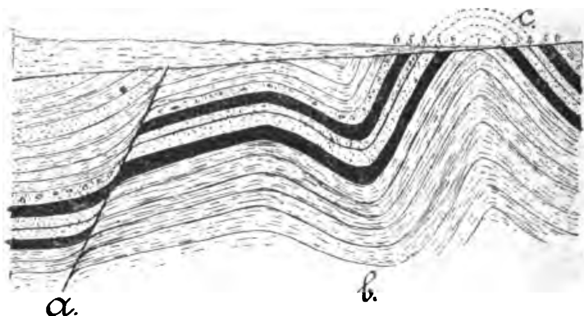


Fig. 11. Gestörtes Schichtensystem.
a Verwerfung, b Mulde, c Luftsattel.

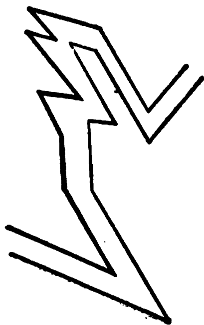


Fig. 12. Geknickte Flöze.

Bei der geognostischen Untersuchung derartiger Luftsättel ist genau auf die Schichtenfolge und auf das Einfallen der Schichten zu achten, da über die Zahl der vorhandenen Flöze leicht Irrungen vorkommen. (Fig. 11.) Wenn ein Flöz soweit aufgerichtet ist, daß es fast 90° einfällt, so sagt man, es steht auf dem Kopfe.

Aus ähnlichen Gründen wie die Faltungen entstehen auch Knickungen der Flöze und der sie begleitenden Gesteine, so daß die Fallinien im Zickzack verlaufen. Derartige Erscheinungen finden sich z. B. in Belgien. (Fig. 12.)

Flöze und Lager haben im allgemeinen eine regelmäßigere Form als die Gänge, namentlich ist die Mächtigkeit gleichbleibender, doch werden Anschwellungen, auch Verdrückungen beobachtet. Eine eigentliche Zertrümerung kommt nicht vor, doch teilt sich wohl ein Flöz oder Lager dadurch in zwei Abteilungen, daß ein Zwischenmittel an Mächtigkeit zunimmt; umgekehrt können sich zwei durch ein stärkeres Zwischenmittel getrennte Ablagerungen zu einer Lagerstätte vereinigen, indem die Mächtigkeit des Zwischenmittels mehr und mehr abnimmt. (Fig. 13.)



Fig. 13.
In zwei Abteilungen geteiltes Flöz.

Flöze und Lager können aufhören durch Auskeilen, sie werden in voller Mächtigkeit durch Klüfte oder andere Gesteine abgeschnitten oder abgestoßen, auch nimmt wohl die Mineralführung allmählich ab und die Menge der tauben Massen derart zu, daß die Lagerstätte unbauwürdig wird. So werden Steinkohlenflöze zu bituminösem Schieferthon; Übergänge von Erzlagern in erzhaltiges Nebengestein sind häufig nachgewiesen worden.

Die Flöze.

In Flözen finden sich seltener Erze (Kupfer-, Eisenerze), dagegen häufig Kohlen (Anthrazit, Steinkohle, Braunkohle). Als die jüngsten Flöze kann man die oberflächlichen Ablagerungen von Torf betrachten, welche die Unebenheiten des Untergrundes lagenweise ausfüllen.

Die bergmännisch wichtigsten Flöze sind die Steinkohlenflöze; sie werden vom Liegenden zum Hangenden aus einzelnen Kohlen-Lagen oder -Bänken von verschiedener Mächtigkeit gebildet, welche durch an-

nähernd glatte Schichtungsflächen, ferner durch Lagen von Schieferthon oder Sandstein, Zwischenmittel, Bergemittel, auch Scheren genannt, von einander getrennt sind.

Nach ihrer mineralogischen Beschaffenheit unterscheidet man: Pechkohle von muscheligem Bruch und lebhaftem Glanz; Rußkohle, zerreiblich und stark abfärbend mit seidenartigem Glanz; Schichten- oder Schieferkohle, abwechselnde, dünne Lagen von Pech- und Rußkohle, auf dem Querbruche von schieferigem Ansehen. Cannelkohle, mattglänzend von muscheligem Bruch, ist zäh, kommt nicht häufig vor und wird wohl zu Schmuck verarbeitet. Unreine Kohle nennt man Bankkohle, auch kremsige Kohle, so genannt, weil beim Hineinhacken mit der Keilhaue ein eigentümliches Geräusch entsteht.

Nach dem Verhalten bei der Verbrennung nennt man Backkohlen oder fette Kohlen diejenigen, deren Asche zusammensintert, und Sandkohlen oder magere Kohlen diejenigen mit sandiger Asche; die zuerst genannten eignen sich zur Verkokung. Gaskohlen entwickeln bei der Erhitzung oder Verbrennung reichlich Gas.

Klüfte, welche die Kohlenflöze vom Hangenden zum Liegenden durchsetzen, nennt man Schlechten, auch Ablösen. Kämme sind Spalten im Kohlenflöz, welche vom Hangenden her durch vom Wasser herbeigeschlämmte Massen wieder ausgefüllt wurden.

Die Mächtigkeit der meisten Steinkohlenflöze beträgt bis zu 2 *m*, doch kommen einzelne Flöze von 10 und mehr *m* Mächtigkeit vor, z. B. in Oberschlesien. Die Grenze der Abbauwürdigkeit der Steinkohlenflöze liegt je nach den Verhältnissen und der Kohlenbeschaffenheit bei etwa 0·5 *m*. Braunkohlenflöze sind im allgemeinen mächtiger als Steinkohlenflöze, solche von 6—8 *m* Mächtigkeit sind nicht selten, doch ist ihre horizontale Ausdehnung meistens geringer als diejenige der Steinkohlenflöze.

Die meisten Steinkohlen finden sich in der nach ihrem Auftreten benannten Schichtengruppe, der Steinkohlenformation, die Braunkohlen kommen am häufigsten im Tertiär vor.

Die Lager.

In Lagern finden sich vornehmlich Kupfer- und Eisenerze, auch Blei- und Zink-, seltener Quecksilber- und Golderze, daneben kommen von nichtmetallischen Mineralien, sogenannten Lagerarten, am häufigsten vor: Quarz, Glimmer, Chlorit, Granat, Augit, Hornblende, Feldspat u. s. w. Die Ausfüllung der Lager besteht selten aus einem nutzbaren Minerale z. B. Magneteisenerz, häufiger aus einem Gemenge von Erzen und Lagerarten, auch treten die nutzbaren Mineralien in Nestern oder eingesprengt in gewissen Gebirgsschichten auf. Außer Erzen kommt Steinsalz oft in eigentlichen Lagern vor.

Auch in den Lagern finden sich die Erze in reichen und armen Mitteln verteilt, am Ausgehenden sind wie bei den Gängen häufig Zersetzungserscheinungen zu beobachten.

Erzlager finden sich häufig und sind für den Erzbergbau von derselben Bedeutung wie die Erzgänge.

Sehr bekannt sind die Eisenerzlager Skandinaviens, das Erzlager am Rammelsberge bei Goslar, die kupferhaltigen Schwefelkieslager der Provinz Huelva in Spanien, ferner die Bleierzknotten in den Sandsteinen zu Commern, das Zinnobervorkommen in den Sandsteinen von Almaden in der Sierra Morena.

Die Lagerstätten von unregelmäßiger Form.

Stöcke sind unregelmäßig begrenzte Anhäufungen von Mineralien und zwar z. T. Ausfüllungen von Hohlräumen, vornehmlich im Kalkstein und Dolomit. Nach der vorherrschenden Ausdehnung unterscheidet man stehende und liegende Stöcke. Das Gefüge der Ausfüllungs-

masse ist dicht, lagenweise und breccienartig (vgl. Fig. 3 und 4.). In Stöcken treten auf: Schwefelkies, Kupfer- und Eisenerze, Bleiglanz, Galmei, Steinsalz. Kleinere Erzanhäufungen von unregelmäßiger oder rundlicher Form, welche, wenn sie in einiger Menge auftreten, Veranlassung zu bergmännischer Gewinnung geben können, nennt man Butzen, Nester, Nieren.

Bekannt sind die Galmeilagerstätten im Dolomit des Altenberges bei Aachen, die Blei-Galmeilagerstätten bei Beuthen in Oberschlesien, deren Auftreten an Kalkstein gebunden ist, ferner die Stöcke von Eisen-, Blei- und Zinkerzen an der Grenze zwischen Schiefer und körnigem Kalkstein zu Laurion bei Athen.

Die Bohnerze, concentrisch-schalige Kugeln von thonigem Brauneisenstein, die in Lehm eingehüllt sind, treten stockförmig auf, indem sie Vertiefungen, Höhlungen und Spalten im weißen Jura ausfüllen.

Imprägnationen sind Zonen im Gestein, in denen nutzbare Mineralien in kleineren und größeren Körnern angehäuft sind. Diese Zonen gehen allmählich in das gewöhnliche Gestein über, sie sind nicht scharf begrenzt. Die Fahlbänder Skandinaviens sind Anhäufungen von Kiesen in Gneis, Glimmer-, Hornblende- und Chloritschiefer.

Stockwerke nennt man Gebirgsglieder, welche von vielen Gängen von geringer Mächtigkeit und kurzer Erstreckung durchzogen sind und deren Masse außerdem von Erzen imprägniert ist. Die Zinnerzstockwerke im sächsischen Erzgebirge, Böhmen und in Cornwall treten im Granit und Porphyr auf.

Seifen, auch Trümmerlagerstätten genannt, sind Ablagerungen von Mineralien und Erzen, welche aus der Verwitterung anstehender Gebirgsmassen und Lagerstätten entstanden sind. Zum Teil finden sich die Seifen noch am Orte ihrer Entstehung und bedecken die ursprünglichen Lagerstätten, oft sind die Massen jedoch durch

das Wasser fortgeschwemmt und wieder abgelagert, daher gewissermaßen natürlich aufbereitet und angereichert worden. In Thälern, Schluchten und Flußbetten trifft man Seifen z. T. von jüngeren Bildungen namentlich Torf, Lehm, Sand, Gerölle überlagert. Sie enthalten die härtesten und schwersten Bestandteile der ursprünglichen Lagerstätten, von Erzen häufig Zinnstein und Magneteisenstein, von Edelsteinen Diamant, Korund, Spinell, Topas, von Edelmetallen Gold und Platin.

In Californien, in der Provinz Minas Geraes in Brasilien, in Australien, am Ural finden sich sehr bedeutende Goldseifen; in den letzteren kommt in größerer Menge auch Platin vor. Zinnerzseifen finden sich z. B. im sächsischen Erzgebirge und in sehr großer Ausdehnung auf den ostindischen Inseln und in Australien.

Die Störungen der Lagerstätten.

Unter Störungen der Lagerstätten sollen hier solche Erscheinungen verstanden werden, bei welchen die Trennung der Teile einer Lagerstätte zu beobachten ist; Faltungen, Zertrümerung, Auskeilen und einfache Durchsetzung von Lagerstätten sind bereits weiter oben besprochen worden.

Bei den Gängen kann zur Zeit der Spaltenbildung der Fall eintreten, daß eine neu sich bildende Spalte hinter einer schon vorhandenen älteren Spalte nicht in der bisherigen Richtung weiter aufreißt, sondern um ein Stück seitlich, es sind somit die beiden Teile des jüngeren Ganges von einander getrennt. Diese Erscheinung nennt man Gangablenkung. Daß eine solche vorliegt und nicht eine Verwerfung kann dann deutlich erkannt werden, wenn zwei annähernd parallele, jüngere Gänge an einem älteren Gange nach verschiedenen Richtungen abgelenkt werden. Die Aufsuchung des abgelenkten Gangstückes wird erleichtert, wenn sich auf dem älteren Gange zur Zeit der neuen Spaltenbildung Klüfte auf-

gethan hatten, welche später durch Trümchen der Gangmasse des jüngeren Ganges ausgefüllt wurden. (Fig. 14.)

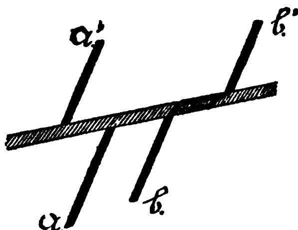


Fig. 14. Gangablenkung.

Bei sämtlichen Lagerstätten kann nach ihrer Bildung durch Verwerfung, d. h. durch Spaltenbildung und nachfolgende Bewegung der beiden durch die Spalte getrennten Teile des Gebirges, der Zusammenhang aufgehoben werden. Eine Verwerfung ausrichten heißt den verworfenen Teil der Lagerstätte aufsuchen.

Streicht die Verwerfungsspalte mit der verworfenen Lagerstätte annähernd parallel, so nennt man die Verwerfung streichend, streicht der Verwerfer rechtwinklig zur Lagerstätte, so hat man eine querschlägige Verwerfung, und bilden die Streichrichtungen des Verwerfers und der Lagerstätte einen spitzen oder stumpfen Winkel, so heißt die Verwerfung spießeckig. Der Verwerfer fällt rechtsinnig, wenn er die gleiche Fallrichtung hat wie die Lagerstätte, er fällt widersinnig, wenn er nach der entgegengesetzten Himmelsrichtung einfällt.

Bei der Bewegung der durch die Verwerfungsspalte getrennten Gebirgsmassen gegeneinander sind zwei Fälle zu unterscheiden. Entweder ist der hangende Gebirgsteil infolge seiner Schwere annähernd in der Falllinie des Verwerfers auf dem liegenden Teile abwärts gerutscht, oder der hangende Teil ist infolge seitlichen Druckes auf dem liegenden Teile aufwärts geschoben worden. Der erstere Fall ist überhaupt der häufigere, namentlich bei querschlägigen und spießeckigen Verwerfungen, und wird Sprung oder Spaltenverwerfung genannt, (Fig. 15.) der zweite Fall tritt im allgemeinen selten ein und fast nur bei streichenden Verwerfungen, er wird Wechsel, Überschiebung, z. T. auch

Faltenverwerfung genannt. (Fig. 16.) Außer der Bewegung in der Fallinie hat zuweilen auch eine Verschiebung nach der Streichrichtung des Verwerfers stattgefunden, so daß sich eine *diagonale* Bewegung auf dem Verwerfer ergiebt.

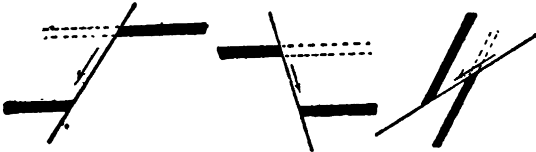


Fig. 15. Sprünge od. Spaltenverwerfungen.

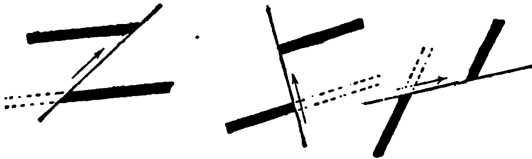


Fig. 16. Wechsel od. Überschiebungen.

In manchen Revieren unterscheidet man lediglich nach der Lage des auszurichtenden Teiles der Lagerstätte zwischen *Hub* oder *Wurf*, der auszurichtende Teil liegt im Hangenden, und zwischen *Setzen*, der auszurichtende Teil liegt im Liegenden.

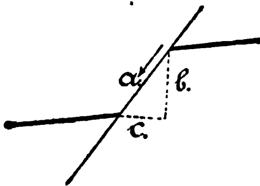


Fig. 17. Verwerfung.
a Flache Sprunghöhe. b seigere Sprunghöhe, c Sprungweite.

Bei einer Verwerfung sind verschiedene Maße von Wichtigkeit (Figur 17). Es soll als Beispiel ein Sprung angenommen werden, dann ist a die *flache Sprunghöhe*, d. h. die Entfernung der beiden Teile der Lagerstätte auf der Fallinie des Verwerfers gemessen, es ist das

zu gleicher Zeit das Maß für die wahre Größe der stattgehabten Bewegung. Der seigere Abstand der beiden Teile der Lagerstätte b ist die seigere Sprunghöhe, und die Sprungweite c ist die Länge der Projection der flachen Sprunghöhe in die horizontale Ebene. Die Sprunghöhe kann wenige *cm*, aber auch mehrere 100 *m* betragen. Auch ändert sich zuweilen in der Streichrichtung die Sprunghöhe einer Verwerfung beträchtlich.

Für den Bergbaubetrieb ist es wichtig, daß bei jeder Verwerfung ein Streifen von der Breite der flachen Sprunghöhe vorhanden ist, innerhalb dessen in senkrechter und wagrechter Richtung die Lagerstätte entweder garnicht oder zweimal angetroffen wird; es hängt das von den Neigungswinkeln der Lagerstätte und des Verwerfers ab. Im zweiten Falle sagt man, die beiden Teile der Lagerstätte decken sich.

Einen Teil der Wechsel kann man auch aus einer starken Faltung eines Schichtensystems erklären und nennt sie Faltenverwerfungen. (Fig. 18.)



Fig. 18. Faltenverwerfung nach Heim.

Verwerfungen treten in manchen Gebieten in großer Zahl auf, sie verlaufen entweder angenähert parallel, und es entstehen dann die Terrassen-Verwerfungen (Fig. 19), z. B. sind Hauptverwerfungen gewöhnlich von kleineren parallelen Verwerfungen begleitet; oder die Verwerfungen kreuzen sich und sind dann meistens von verschiedenem Alter. Es entstehen so zusammengesetzte Erscheinungen. (Fig. 20.)

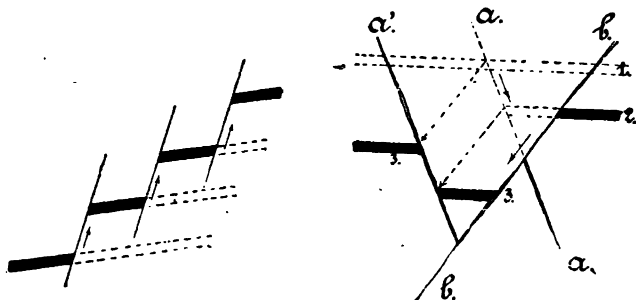


Fig. 19. Terrassenverwerfung. Fig. 20. Kreuzung zweier Verwerfungen.

Ausrichtung der Verwerfungen.

Die Ausrichtung des verworfenen Teiles einer Lagerstätte nennt man in der bergmännischen Sprache „die Ausrichtung der Verwerfung.“ Hierbei ist es von der größten Wichtigkeit, zu untersuchen, ob man es mit einem Sprunge oder mit einem Wechsel zu thun hat, ob also das Hangende sich gesenkt hat, oder aufwärts geschoben wurde, es bieten sich hierzu außer dem weiter oben Erwähnten folgende Hilfsmittel:

1. Die Schichtenköpfe an der Verwerfungskluft sind oft im Sinne der stattgehabten Bewegung verdrückt und umgebogen, besonders stark bei Faltenverwerfungen. (vgl. Fig. 11 S. 14 und Fig. 18 S. 22).

2. Da das Nebengestein von der Verwerfung in gleicher Weise wie die Lagerstätte betroffen wird, so gewinnt man namentlich im geschichteten Gebirge beim Durchfahren des Verwerfers durch die Natur des hinter demselben angetroffenen Nebengesteins ein Anhalten dafür, ob man sich im Hangenden oder Liegenden der Lagerstätte befindet.

3. Die im Gebirge bereits bekannten Verwerfungserscheinungen gestatten zuweilen Schlüsse auf die Natur eines vorliegenden Falles.

Für die bergmännische Ausrichtung einer Verwerfung ist es wichtig, sich zu vergegenwärtigen, daß die angeführten Erscheinungen dieselben bleiben, wenn das Hangende sich gesenkt hat, oder wenn das Liegende gehoben worden ist. Liegt daher eine Verwerfung vor, so wird man sich zweckmäßig vorstellen, man befinde sich auf dem unverworfenen Teile der Lagerstätte und wird erwägen, welche Bewegung in Rücksicht hierauf der Gebirgsteil hinter dem Verwerfer thatsächlich oder scheinbar gemacht hat, d. h. ob er sich gegen den Anfahrungspunkt gesenkt oder gehoben hat.

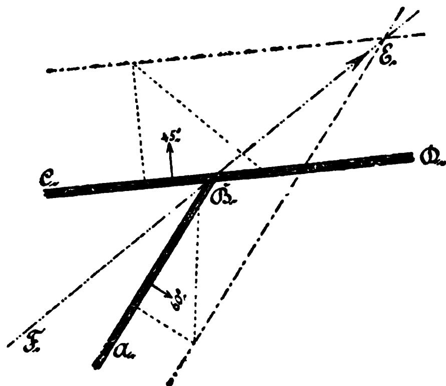


Fig. 21.
Ausrichtung eines verworfenen Feldteiles mit Hilfe der Kreuzlinie.

Man führt nun folgende Konstruktion aus: Es sei AB eine Streichstrecke auf dem bekannten Teile einer Lagerstätte, CD das Streichen des in B angefahrenen Verwerfers; die kleinen Pfeile und Zahlen deuten die Fallrichtungen und Fallwinkel der Lagerstätte und des Verwerfers an. FE ist die mit Hilfe der Falldreiecke gezeichnete

Kreuzlinie der Lagerstätte und des Verwerfers, an derselben ist durch einen Pfeil derjenige Teil BE, welcher vom Anfahrungspunkte aus einfällt, bezeichnet. Der andere Teil BF steigt von B nach F und man kann daher den ersteren den einfallenden, den zweiten den ansteigenden Teil der Kreuzlinie nennen.

Dann erhält man für die söhlige Ausrichtung einer Verwerfung die folgende sehr einfache Regel: „Man zeichne die Kreuzlinie des Verwerfers mit der Lagerstätte im Anfahrungspunkte und bezeichne das Einfallen der Kreuzlinie. Wenn sich der Gebirgsteil hinter dem Verwerfer gesenkt hat, so fährt man nach Durchbrechung des Verwerfers das Ort zur Ausrichtung nach der Seite des ansteigenden Teiles der Kreuzlinie auf; ist dagegen der betreffende Gebirgsteil gehoben worden, so fährt man das Ort nach der Seite des einfallenden Teiles der Kreuzlinie auf."

Die Regel erklärt sich leicht daraus, daß beim Stattfinden einer Bewegung des einen Teiles einer Lagerstätte in der Fallinie des Verwerfers die Kreuzlinie in derselben Richtung, doch parallel zu ihrer ursprünglichen Lage, abwärts oder aufwärts verschoben wird.

Die von Schmidt, v. Carnall und Zimmermann angegebenen Regeln erscheinen der vorstehenden gegenüber weniger einfach.

Ist bei einer bestimmten Verwerfung ihre flache Höhe bekannt, so läßt sich auch das Maß der seitlichen Verschiebung durch Zeichnung finden. Auch durch Rechnung lassen sich diese Erscheinungen unschwer verfolgen.

Bei den bergmännischen Ausrichtungsarbeiten ist nicht nur das Ziel im Auge zu behalten, daß der verworfene Teil der Lagerstätte auf dem kürzesten Wege wieder angefahren werde, es ist vielmehr auch den Bedürfnissen der Förderung, Wasserhaltung und Wetterführung Rechnung zu tragen. Im allgemeinen kann eine Verwerfung sowohl auf dem Verwerfer als auch im Nebengestein und zwar söhlig oder durch Überhauen bzw. Abteufen ausgerichtet werden.

II. Aufsuchen der Lagerstätten.

Lagerstätten können aufgesucht werden:
1. durch Untersuchung der Erdoberfläche;
2. durch Schurfarbeiten;
3. durch Tiefbohren.

1. Die Untersuchung der Erdoberfläche.

Wenn eine Gegend auf Lagerstätten untersucht werden soll, so sind zunächst alle anstehenden Gesteine zu beachten, hierdurch ergiebt sich ein allgemeines Bild über den geologischen Bau der Gegend. Auf den Höhen, in Thälern, an steilen Gehängen findet sich am häufigsten anstehendes Gestein; etwa vorhandene Steinbrüche, Wegeinschnitte und Brunnen sind in die Untersuchung einzuschließen, hierbei ist auch das Vorkommen von Versteinerungen zu beachten. Sind geologische Karten vorhanden, so sind diese der Untersuchung zu Grunde zu legen; in Betrieb befindliche Bergwerke und die Halden früheren Bergbaus können Aufschluß über die Gebirgsverhältnisse in größerer Tiefe geben. Der allgemeine geologische Bau einer Gegend wird bereits Schlüsse auf etwa zu erhoffende Lagerstätten gestatten, so finden sich Erzgänge fast in allen Gesteinen, Kohlen nur im geschichteten Gebirge.

Ferner sind die Bruchstücke von Gesteinen, welche sich in der Ackerkrume, und Geschiebe (abgerundete Stücke), welche sich in den Flußläufen finden, zu untersuchen, endlich auch die Ackerkrume selbst und die Sande der Flüsse auf nutzbare Bestandteile zu verwaschen. Zuweilen werden Bruchstücke von nutzbaren Mineralien, sogenannte Fundstücke oder Stücke von Gangmasse, in seltenen Fällen wohl auch das Ausgehende einer Lagerstätte aufgefunden werden, letzteres z. B. bei Gängen mit quarziger Gangmasse, bei Kohlenflözen u. s. w.

Trifft man auf irgend eine Weise nutzbare Mineralien an, so ist ihrem Ursprunge weiter nachzuforschen. Kommen im Flußsande dergleichen vor, so muß sich von der Fundstelle die Untersuchung zunächst den Fluß aufwärts, sowie auf etwaige Zuflüsse und deren Gehänge erstrecken, um weiteres Anhalten zu gewinnen.

Anzeichen für das Vorhandensein einzelner bestimmter Mineralien sind auch folgende: Das Vorkommen salzhaltiger Quellen und das Auftreten von Salzpflanzen deuten auf Salzlagerstätten; das Galmeiveilchen gedeiht nur auf zinkhaltigem Boden. Die Oberfläche ist zuweilen durch Zersetzung von Mineralien gefärbt, diese Erscheinung wird Schweif genannt; Eisenerze und Schwefelkies verursachen einen rötlich-braunen Schweif (eiserner Hut), Steinkohlen bilden einen schwarzen, Braunkohlen einen braunen Schweif. Zu beachten ist auch, daß Lagerstätten von Magneteisenerz schon aus größerer Entfernung die Magnetnadel ablenken. Am Ausgehenden von Steinkohlenflözen entstehen zuweilen Erdbrände, es entwickelt sich an solchen Stellen Rauch und wegen der Bodenwärme schmilzt der Schnee schneller, als in der Umgegend.

Hat man in einer Gegend Anzeichen für das Vorhandensein einer Lagerstätte gefunden, so geht man zum Schürfen über.

2. Das Schürfen.

Das Schürfen bezweckt die Untersuchung des Gebirges und der Lagerstätten auf geringe Tiefe. Tritt das Gestein nicht zu Tage, so werden zur Bloßlegung des Ausgehenden der Lagerstätte Schurfgräben, auch Röschen genannt, und zwar rechtwinklig zur mutmaßlichen Streichrichtung gezogen und thunlichst bis auf anstehendes Gestein vertieft. Trifft man an einer Stelle das Ausgehende, so verfolgt man es mittels eines Schurfgrabens. Beim Anlegen der Gräben wird der ausgehobene Boden immer gleich zum Verfüllen derjenigen

Grabenteile verwendet, durch welche Aufschlüsse nicht erzielt wurden; das Verfahren ist in gutem Boden teuer und in nassem kaum ausführbar. Auf etwas größere Tiefe kann eine Lagerstätte mittels Schurfschächte und Schurfstölln untersucht werden, es sind das Schächte und Stölln (vgl. S. 94 und 89) von kleinen Abmessungen und geringer Erstreckung.

3. Die Tiefbohrung.

Die Tiefbohrung bezweckt die Untersuchung von Lagerstätten in größerer Tiefe, sie wird namentlich angewendet zur Aufsuchung oder Untersuchung von Lagerstätten, deren Mineralführung auf größere Erstreckung hin eine annähernd gleichbleibende zu sein pflegt. Man bohrt daher auf Kohlenflöze, Salzlagerstätten und Erdöl, aber nicht auf Erzgänge, da deren Erzführung und Mächtigkeit mannigfaltigem Wechsel unterworfen sind. Das Bohrloch dient oft zur Gewinnung der Salzsole und des Erdöls.

Auch im Grubenbetriebe werden Bohrarbeiten in größerem Maßstabe ausgeführt, so für Zwecke der Wasserhaltung, der Wetterführung und zur Zäpfung alter Baue. In neuerer Zeit teuft man auch Schächte durch Abbohren.

Bohrarbeit im allgemeinen.

Außer den Tiefbohrungen werden im Bergbau noch andere Bohrarbeiten, nämlich das Hand- und das Maschinenbohren ausgeführt. Die Herstellung eines Bohrloches erfolgt durch Trennung des Zusammenhanges des Gesteins vor Ort mittels stoßender oder drehender Werkzeuge. Wirkt das Bohrgezähe stoßend, so hat es eine Meißelform, und damit das Bohrloch kreisrund wird, muß die Meißelschneide in stets wechselnder Stellung vor Ort den Schlag führen, der Bohrer muß umgesetzt werden. Die drehenden Werkzeuge wirken in

mildem Gestein schneidend, in hartem schabend oder schleifend. Wird das Bohrloch tiefer und hat es abwärts geneigte Richtung, so sind von Zeit zu Zeit die losgetrennten Massen (das Bohrmehl, der Bohrschmand) aus dem Loche zu entfernen, damit der Bohrer vor Ort möglichst ungehindert angreifen kann. Es geschieht dies durch das Löffeln, auch Räumen genannt, oder durch Wasserspülung, d. h. Einspritzen von Druckwasser in das Bohrloch. Im ersteren Falle muß der Bohrer aus dem Bohrloche entfernt werden, damit man den Löffel einführen kann, im zweiten Falle kann unter Umständen ununterbrochen fortgebohrt werden. Die Nebenarbeiten, Ein- und Ausführen des Bohrers und das Löffeln müssen schnell ausgeführt werden, damit die Zeit für das eigentliche Bohren möglichst wenig beschränkt wird.

Die Breite der Meißelschneide nützt sich allmählich ab, der Bohrlochdurchmesser wird daher nach und nach kleiner; je tiefer daher ein Bohrloch werden soll, mit um so größerem Durchmesser muß es begonnen werden.

Wenig tiefe Bohrlöcher können in jeder beliebigen Richtung hergestellt werden, für sehr tiefe Bohrlöcher ist nur die senkrecht abwärtsgehende Richtung anwendbar.

Die Tiefbohrung im besonderen.

Die Einrichtungen zur Tiefbohrung zerfallen in folgende Hauptteile: die Bohrstücke verrichten die eigentliche Bohrarbeit, die Verbindung mit über Tage wird durch das Gestänge hergestellt, welches in gewissen Fällen durch die Zwischenstücke in zwei Teile zerlegt wird. Die Einrichtungen über Tage dienen einmal zur Bewegung des Gestänges und der Bohrstücke, dann zum Aufholen und Einlassen des Gestänges, sowie zum Löffeln. Zur Beseitigung von etwa abgebrochenen Teilen der Bohrgezähe aus dem Bohrloche bedient man

sich der Fangwerkzeuge. Falls die Bohrlochstöße nicht von selbst gut stehen, müssen dieselben durch Verrohren oder Zementieren sichergestellt werden.

Je nach dem vorhandenen Gestein und den angewendeten Gezähen werden folgende hauptsächliche Arten der Tiefbohrung unterschieden:

1. Drehendes Bohren,
   a) in milden Gesteinen,
   b) in harten Gesteinen (Diamantbohren).
2. Stoßendes Bohren,
   a) Bohren mit Gestänge,
   b) Seilbohren.
3. Bohren mittels Wasserspülung.

Bei jeder Tiefbohrung ist ein Tagebuch zu führen, aus welchem die geleistete Bohrarbeit und die hierzu aufgewendete Zeit, etwaige Störungen, sowie die ausgeführten besonderen Arbeiten zu ersehen sind, auch sind Bohrproben, in einer Sammlung geordnet, nebst Angabe der zugehörigen Teufe aufzubewahren.

Größere Tiefbohrungen werden von den Gruben gewöhnlich nicht selbst ausgeführt, sondern Unternehmern übertragen, welche über die nötigen Einrichtungen und über geübte Arbeitskräfte verfügen.

In dem Bohrloche zu Schladebach, östlich von Merseburg, wurde mit 1748·4 *m* die größte Tiefe erreicht, bis zu der man bis jetzt in das Erdinnere vorgedrungen ist.

Drehendes Bohren in mildem Gestein.

Das drehende Bohren in mildem Gestein beschränkt sich in der nachstehend beschriebenen Art und Weise nur auf geringe Tiefen. Die dabei gebrauchten Bohrer sind z. T. ähnlich den Holzbohrern so eingerichtet, daß sie beim Drehen tiefer eindringen. In thonigen Massen verwendet man den Schneckenbohrer, auch Schappe genannt (Fig. 22), bei etwas größerer Gesteinsfestigkeit den Spiralbohrer (Fig. 23). In ganz losen Massen, wie feinem

Sand oder Schwimmsand, wird bei engen Bohrlöchern der Ventilbohrer (Fig. 24). bei weiteren der Sackbohrer angewendet (Fig. 25), es muß dann das Bohrloch durch eingesenkte Röhren offen erhalten werden (vgl. S. 44.). Das Löffeln ist entbehrlich, da die Bohrer selbst die Massen zu Tage bringen.

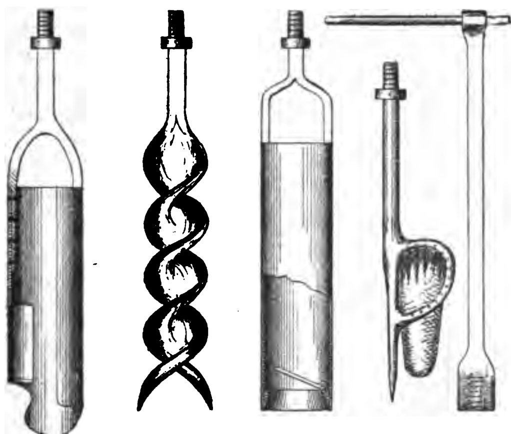


Fig 22. Schappe. Fig. 23. Spiralbohrer. Fig. 24. Ventilbohrer. Fig. 25. Sackbohrer. Fig. 26. Krückel.

Der Ventilbohrer ist ganz ähnlich eingerichtet, wie der Löffel beim stoßenden Bohren, er besteht aus einem genieteten Eisenblechcylinder mit Klappenventil am unteren Ende; beim Niedergang wird das Klappenventil durch das hindurchströmende Wasser geöffnet, vor Ort tritt Sand und Wasser in den Cylinder ein, beim Aufgange schließt sich das Ventil selbstthätig.

Am oberen Teile enden die genannten Gezähstücke in eine Stange nebst Bund und schwachkonischer Schraube, auf diese paßt das Kopfstück oder der Krückel (Fig. 26), mittels dessen der Bohrer gedreht wird. Mit zunehmender

Tiefe des Bohrloches werden zwischen Bohrer und Krückel Bohrstangen eingesetzt, dieselben enden am oberen Ende in eine Schraube, am unteren in eine Schraubenmutter.

Drehendes Bohren in festem Gestein.

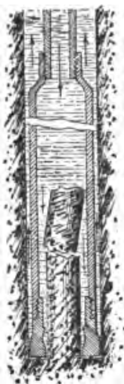




Fig. 27.

Die Bohrkrone für drehendes Bohren in festem Gestein besteht aus einem stählernen cylindrischen Ring, dessen untere Fläche mit schwarzen unreinen Diamanten besetzt ist. Letztere werden in ausgemeißelte Löcher von entsprechender Form eingesetzt und durch Antreiben des Stahls eingestemmt, nach anderem Verfahren mit einem Steinkitt befestigt (Fig. 27.). Der Preis der Bohrdiamanten ist bedeutenden Schwankungen unterworfen; das Karat = 0·206 *gr* kostet 25 bis 80 Mark. Ein Stein von Erbsengröße wiegt etwa 5 Karat.

Für mildes Gestein werden auch Bohrkronen aus bestem Stahl benutzt, die arbeitende Fläche ist mit stumpfen Zähnen versehen; bei ihrer Verwendung muß ein bedeutender Druck gegen das Ort des Bohrloches ausgeübt werden.

An die Bohrkrone schließt das Kernrohr und dann das Bohrgestänge an, letzteres besteht aus eisernen Röhren. Die Verbindung erfolgt durch Zusammenschrauben (Fig. 28), entweder sind besondere Muffe übergeschraubt, oder die Rohre sind an der Verbindungsstelle muffenartig verdickt; neuerdings fertigt man auch Rohre,

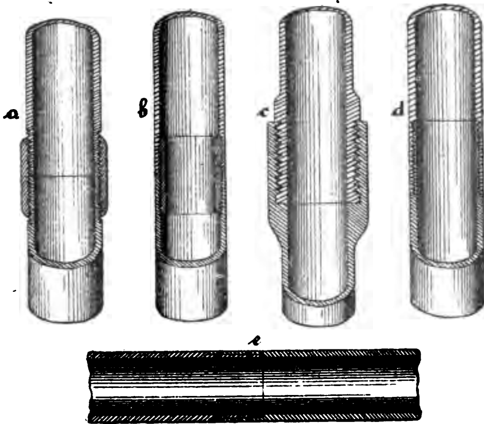


Fig. 28. Rohrverbindungen.
a Äußerer Muff, b Innerer Muff, c Angegossener Muff, d Außen und innen glatte Rohre, e Vernietete Rohre.

die nach dem Verschrauben innen und außen glatt sind, doch erfordert diese Anordnung sehr gutes Material.

Über Tage wird durch eine Dampfmaschine und entsprechendes Vorgelege das Gestänge in schnelle Umdrehung versetzt. Es ist nämlich das letzte Rohr mit einer Längsrippe versehen, welche in die entsprechende Nut eines darüber geschobenen, übrigens fest verlagerten Kegelrades paßt, so daß das Gestänge an der Umdrehung des Rades teilnehmen muß, jedoch mit dem Fortschreiten des Bohrloches niedergleiten kann. Das Gestänge wird je nach Bedarf durch Gewichte belastet oder durch Gegengewichte entlastet, welche an über Rollen geführten Ketten hängen.

Durch die Drehung der Bohrkrone wird vor Ort des Bohrloches ein ringförmiger Raum ausgebohrt, im centrischen Teile bleibt ein cylindrischer **Bohrkern** stehen. Das Bohrmehl wird durch Spülwasser entfernt. (Fig. 27. S. 32.) Über den oberen Teil des Bohrgestänges

ist zu diesem Zwecke ein besonderer Aufsatz (Drehkopf) geschoben, welcher an der Drehung des Gestänges nicht teilnimmt (Fig. 29.). Das Spülwasser wird in das Gestänge hineingepumpt, tritt unter der Bohrkrone, in welcher sich zwischen den Diamanten Rinnen befinden, hindurch, steigt zwischen dem Hohlgestänge und der Bohrlochswand wieder in die Höhe und führt den Bohrschmand mit sich fort. Es wird also das Löffeln und das hiermit verbundene Aufholen und Wiedereinlassen des Gestänges überhaupt erspart. Beim Diamantbohren werden im Bohrmehle selten Körnchen von mehr als 1 *mm* Durchmesser vorhanden sein und es genügt dann eine Geschwindigkeit des Spülwasserstromes von 0·3 *m* für die gewöhnlich vorkommenden Gesteine. Beim Bohren mit Stahlkronen sind viel gröbere Stücke im Bohrmehl enthalten, doch wird auch hier eine Geschwindigkeit des aufsteigenden Wasserstromes von 0·75 *m* immer genügen.

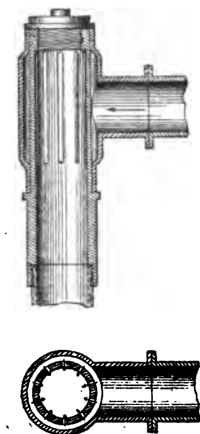


Fig. 29. Drehkopf.

Die Bohrkerne treten in das Kernrohr ein und brechen, wenn sie einige Länge erreicht haben, ab, legen sich beim Aufholen des Gestänges auf Vorsprünge der Bohrkrone auf und werden so zu Tage gebracht; durch ihre Zusammenstellung erhält man ein deutliches Bild der durchbohrten Gesteinsschichten. Falls die Bohrlochswände nicht gut stehen und sich Nachfall bemerklich macht, welcher allerdings durch den zwischen dem Bohrgestänge und den Bohrlochstößen aufsteigenden Wasserstrom begünstigt wird, so ist das Bohrloch zu verrohren und dann die Bohrarbeit mit geringerem Durchmesser fortzusetzen. (vgl. S. 44.)

Zum Aufholen und Einlassen des Gestänges, was sich behufs Auswechselung der Bohrkrone und zur Entfernung der Bohrkerne von Zeit zu Zeit nötig macht, ist über dem Bohrloche, wie beim Betriebe für stoßendes Bohren ein Bohrturm aufzustellen, in welchem die Betriebsmaschine, Gezähe u. s. w. ihren Platz finden. (vgl. S. 42.)

Das Diamantbohren ist zwar teurer als das stoßende Bohren, es bietet jedoch die Vorteile, daß die Arbeit schnell und verhältnismäßig sicher fortschreitet und die Bohrkerne die Beschaffenheit der durchbohrten Gesteinsschichten gut erkennen lassen, während beim stoßenden Bohren der erhaltene Bohrschmand nur unsichere Schlüsse auf die Gesteinsbeschaffenheit gestattet. Je nach der Härte des Gesteins, dem Durchmesser und der Tiefe des Bohrloches beträgt die durchschnittliche tägliche Leistung beim Diamantbohren 6 bis 15 *m*, und der Preis für 1 *m* Bohrung schwankt zwischen 200 und 600 Mark.

Stoßendes Bohren mit Gestänge.

Das stoßende Bohren geschieht entweder mit starrem Gestänge, d. h. die Teile des Gestänges sind auf die ganze Länge fest miteinander verbunden, oder mit Zwischenstücken, d. h. das Gestänge wird in zwei voneinander unabhängige Teile zerlegt.

Die Bohrstücke. Der arbeitende Teil bei allen Arten des stoßenden Bohrens ist der Meißel (Fig. 30), gewöhnlich ganz aus Stahl, derselbe besteht aus dem Blatt mit der Schneide, dem Schafte, dem Bunde und der Schraube zum Anschlusse des Gestänges. Die Breite der Schneide muß dem Durchmesser des Bohrloches entsprechen und ist entweder gradlinig oder hat die Kreuz- oder die Z-Form. Die Schärfe der Schneide muß um so stumpfer sein, je härter das Gestein ist, im allgemeinen zwischen 40 und 70°.



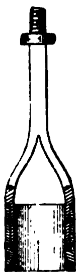
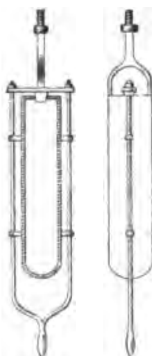



Fig. 30. Bohrmeißel. Fig. 31. Bohrbüchse. Fig. 32. Solheber.

Die Wirkung des Meißels vor Ort und damit das Fortschreiten der Bohrarbeit hängt ab von der Stärke jedes Schlages, von der Anzahl der Schläge in der Zeiteinheit, von der Härte des Gesteins, von der Widerstandsfähigkeit des Meißels, endlich von der rechtzeitigen Entfernung des Bohrschmandes. Die Zeit, während welcher ohne Unterbrechung gebohrt werden kann, nennt man eine Bohrhitze. Für das Fortschreiten der Bohrarbeit ist es sehr wesentlich, daß die Nebenarbeiten: das Löffeln, das Ansetzen neuer Stangen und dergl. schnell ausgeführt und daß größere Störungen im Betriebe vermieden werden, wie Brüche an den Bohrwerkzeugen, Nachfall im Bohrloch u. s. w. Beim Bohren mit der Hand sind Pausen zum Ausruhen nötig.

Der Bohrlöffel ist dem S. 31 beschriebenen Ventilbohrer sehr ähnlich, er wird gewöhnlich am Seil eingelassen und aufgeholt, und hierbei gegen die Handhabung mittels des Gestänges wesentlich Zeit erspart, weil das Auseinander- und Zusammenschrauben fortfällt. Der aufgeholte Bohrschmand wird in ein Gefäß entleert, ein Teil genau untersucht, ein anderer zur Aufbewahrung

getrocknet. Da der Bohrschmand nur unsichere Schlüsse auf die Gesteinsbeschaffenheit gestattet, so sucht man auch beim stoßenden Bohren, namentlich falls über die Natur des Gesteins Zweifel auftauchen, mittels der Bohrbüchse (Fig. 31), d. i. ein Bohrer mit kreisförmiger Schneide, Bohrkerne zu erhalten; dieselben werden mit besonderen Werkzeugen abgebrochen und aufgeholt.

Auch beim stoßenden Bohren mit Gestänge wird, um das Löffeln zu ersparen, nach dem Vorschlage von Fauck und von Köbrich mit Wasserspülung gebohrt. Als Gestänge werden Rohre verwendet, der Schaft des Meißels ist ebenfalls durchbohrt und das Spülwasser tritt aus seitlichen Bohrungen nahe über der Schneide aus.

Zuweilen ist es erwünscht, die aus dem Bohrlochstiefsten zudringende Sole (Salzlösung) unvermischt zu erhalten. Hierzu dient der Solheber, ein starkes cylindrisches Gefäß, welches durch ein in einem Rahmen befestigtes Ventil verschlossen und mit Luft gefüllt in das Bohrloch eingelassen wird. Der Rahmen wird außen am Gefäß geführt und ist unten durch ein Gewicht belastet. (Fig. 32.) Vor Ort des Bohrloches setzt sich letzteres auf, dadurch wird das Ventil gehoben und der Heber füllt sich mit Sole. Beim Aufholen schließt das Ventil wieder, so daß die Sole, ohne sich mit dem im oberen Teile des Bohrloches etwa befindlichen Wasser zu vermischen, zu Tage gelangt.

Gestänge und Zwischenstücke. Das Gestänge besteht in neuerer Zeit gewöhnlich aus zusammengeschraubten runden oder vierkantigen schmiedeeisernen Stangen, welche an beiden Enden eine Verdickung, den Bund tragen, im unteren Bunde befindet sich die Schraubenmutter, am oberen die Schraube; die Verbindung nennt man auch Schloß. Die Gewinde werden, um das Zusammen- und Auseinanderschrauben zu erleichtern, schwach konisch geschnitten. Zuweilen wird auch Keilverbindung benutzt. In früherer Zeit wurden auch vielfach hölzerne Stangen verwendet, die an den Enden

mit eisernen Beschlägen versehen waren, an welchen sich das Schloß befand. Die Stärke der schmiedeeisernen Stangen beträgt gewöhnlich 20—30 *mm*, die Länge bis 12 *m*; man nimmt sie möglichst lang, um bei bedeutender Bohrlochtiefe nicht so häufig zusammenschrauben zu müssen, doch ist die Stangenlänge von der Höhe des Bohrturmes abhängig.

Außer den Hauptstangen braucht man, um das Gestänge nach und nach verlängern zu können, noch einen Satz Ergänzungs- oder Hilfsstangen, deren Länge $^1/_2$, $^1/_4$, $^1/_8$ der Hauptstangen beträgt. Die kürzeste Ergänzungsstange muß gleich der Länge der Stellschraube sein (vgl. S. 41).

Mit der Tiefe des Bohrloches nimmt auch die Gestängelast zu und wird endlich so bedeutend, daß das Bewegungsmoment vor dem Bohrorte zu groß werden würde und infolge dessen leicht Meißel- oder Gestängebrüche eintreten könnten. Deshalb zerlegt man in solchem Falle mittels der Zwischenstücke (Rutschschere oder Freifallbohrer) das Gestänge in zwei voneinander unabhängige Teile, das Obergestänge und das Untergestänge, letzteres dient als Schlaggewicht. Über dem Meißel befindet sich zur Vermehrung des Gewichtes der Bohrklotz, eine bis 6 *m* lange und bis 160 *mm* starke Bohrstange, im unteren Teile von quadratischem, im oberen Teile von rundem Querschnitte. An dem letzteren gleitet die zur Gradführung im Bohrloche dienende Bohrlehre, welche aus starkem Flacheisen gefertigt ist (Fig. 33). Die Hubhöhe beträgt bei größeren Bohrungen 1·0—1·25 *m* bei 20—30 Schlägen in der Minute und 400—500 *kg* Schlaggewicht.

Die Trennung des Untergestänges vom Obergestänge wurde zunächst durch v. Oeynhausen mittels der Rutschschere versucht. Sie besteht aus zwei getrennten Teilen, der Schere und dem Abfallstück: (Fig. 34.) Die Scherenarme sind unten durch eine Wulst verbunden und vereinigen sich oben in einen Bund mit Schraube zum

Anschluß an das Obergestänge. In dem zwischen den Scherenarmen verbleibenden Schlitze, welcher etwas länger als der Hub sein muß, gleitet der mit Flügeln versehene Kopf des Abfallstückes, das unten zur Aufnahme des Untergestänges mit einer Schraubenmutter versehen ist. Beim Aufholen des Gestänges legt sich der Kopf des Abfallstückes auf die Wulst der Schere und wird mit derselben gehoben. Beim Niedergang des Gestänges gleitet nach dem Aufschlagen des Meißels vor Ort, wobei nur das Gewicht des Untergestänges wirkt, der Kopf des Abfallstückes ein Stück in der Schere aufwärts.

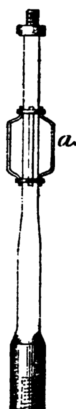


Fig. 33. Bohrklotz mit Bohrlehre.

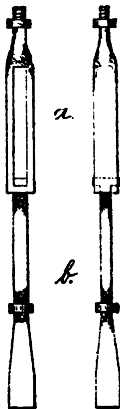


Fig. 34. Rutschschere. a Schere, b Abfallstück.



Fig. 35. Fabianscher Freifallbohrer. a Gleitfläche, b Sitzfläche.

Da jedoch auch beim Gebrauche der Rutschschere die durch die Schläge des Meißels verursachten Erschütterungen z. T. auf das Obergestänge übertragen wurden, ersann der Bohringenieur Kind im Jahre 1844 den ersten Freifallbohrer, um das Untergestänge noch unabhängiger von dem Obergestänge zu machen.

Seitdem sind viele Freifallbohrer vorgeschlagen worden; einer der am häufigsten angewendeten und ein-

fachsten ist der Fabiansche (Fig. 35), er besteht aus einem hohlen Cylinder, der oben in die Anschlußschraube endet und unten soweit geschlossen ist, daß nur die Stange des Abfallstückes hindurchgeht. In dem Hohlcylinder befinden sich zwei Schlitze von eigenartiger Form. Die schrägen Flächen an den Schlitzen heißen die Gleitflächen, die wagrechten die Sitzflächen; das Abfallstück hat wie bei der Rutschschere oben einen Kopf mit zwei Flügeln, welche in den Schlitzen des Cylinders gleiten, es endet unten in eine Schraubenmutter.

Die Wirkung des Fabianschen Freifallbohrers ist folgende: während der Meißel einen Schlag auf die Sohle des Bohrloches ausführt, verbleibt das Obergestänge in seiner höchsten Stellung. Dann folgt das Obergestänge dem Meißel nach und die Flügel des Abfallstückes gleiten in den Schlitzen des Cylinders aufwärts, werden durch die Gleitflächen seitwärts gedrückt und über die Sitzflächen gebracht. Beim Wiederaufgang des Gestänges ruhen die Flügel des Abfallstückes auf den Sitzflächen und das Letztere wird mit gehoben. Nach Beendigung des Aufganges giebt der Krückelführer mit dem Krückel (vgl. S. 41) dem Obergestänge eine kleine plötzliche Drehung, hierdurch gleiten die Flügel von den Sitzflächen ab und es erfolgt, während sich das Obergestänge in Ruhe befindet, der Schlag des Meißels vor dem Bohrort.

Kopfstücke und Einrichtungen über Tage.

Die Einrichtungen zum eigentlichen Bohren sind die folgenden: das Gestänge muß beim stoßenden Bohren über Tage derart aufgehängt werden, daß man es mit dem Fortschreiten der Bohrarbeit allmählich tiefer senken und es ferner bei jedem Schlage etwas drehen kann, um dadurch den Meißel umzusetzen. Das obere Ende des Obergestänges schließt deshalb an einen Wirbel an, über diesem befindet sich die Stellschraube und diese

ist an dem Bohrschwengel befestigt. Die Stellschraube besteht aus einem Schraubenbolzen von der Länge der kürzesten Hilfsstange, die Mutter desselben befindet sich in einer Schere. Der Wirbel gestattet eine Drehung des Gestänges mittels des Krückels, welcher letztere vom Krückelführer gehandhabt wird. Durch Drehen am Krückel wird einerseits umgesetzt, andererseits bei gewissen Freifallbohrern das Abfallstück frei gemacht. Ist das Gestänge um die Länge der Stellschraube, die wie die Bohrung vorrückt, nach und nach abgeschraubt wird, tiefer gesenkt, so wird auf die oberste Stange eine Hilfsstange aufgesetzt und die Stellschraube auf den kürzesten Stand zurückgeschraubt. (Fig. 36.).

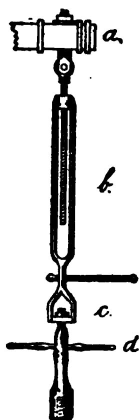


Fig. 36.
a Bohrschwengel,
b Stellschraube,
c Wirbel,
d Krückel.

Der Bohrschwengel ist ein zweiarmiger Hebel und besteht aus einem mit eisernen Beschlägen versehenen Baume; an dem kürzeren Ende hängt das Bohrgestänge, an dem längeren Arme greift die bewegende Kraft an, bei kleineren Bohrungen Menschenkraft, bei größeren Dampfkraft. Mit der Achse ruht der Bohrschwengel auf dem Schwengelständer, auch Bohrdocke genannt; diese besteht aus zwei Holzgerüsten, zwischen denen sich der Bohrschwengel bewegt. Mit der Bohrdocke sind in Gestalt federnder Bäume Prellvorrichtungen verbunden; gegen diese trifft der Kraftarm des Bohrschwengels bei seinem höchsten und niedrigsten Stande, es wird hierdurch die Umkehr der Bewegung erleichtert. (Fig. 37.)

Besondere Vorrichtungen sind zum Aufholen und Einlassen des Gestänges und zum Löffeln nötig. Diese Arbeiten werden im Gegensatze zu der eigentlichen Bohrarbeit als Nebenarbeiten bezeichnet. Über dem Bohr-

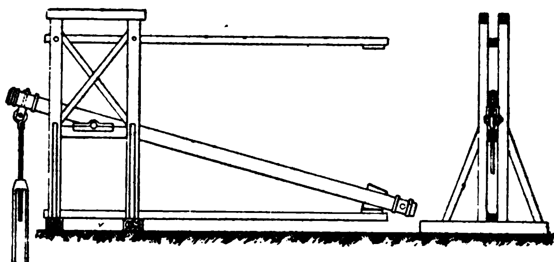


Fig. 87. Bohrschwengel in der Bohrbocke.

loche steht das Bohrgerüst, bei größerer Ausführung Bohrturm genannt, in dessen höchstem Teile befindet sich die Seilscheibe. Das Treibeseil besteht aus Hanf oder aus Drähten, geht vom Gestänge über die Seilscheibe und dann zur Treibevorrichtung, in der Regel Vorgelegehaspel mit selbstthätigem Brems, d. h. der Brems ist durch Belastung geschlossen und muß erst geöffnet werden, wenn die Haspelwelle in Drehung versetzt werde soll. Am Treibeseile ist der Stangenhaken befestigt, letzterer faßt die Stangen unter dem Bunde.

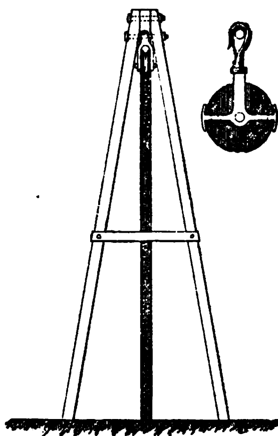


Fig. 88.
Bohrgerüst mit Seilscheibe.

Das Bohrgerüst soll möglichst hoch sein, damit mehrere Stangenlängen (ein Stangenzug) auf einmal aufgeholt und abgeschraubt werden können. Man geht bis 30 *m* Höhe. Um jedoch an Höhe des Bohrturmes zu sparen, wird zuweilen ein

kleiner Bohrschacht abgeteuft, in dessen Mittel sich dann das Bohrloch befindet. Die einfachsten Bohrgerüste bestehen aus drei starken Bäumen, von denen einer mit Sprossen versehen ist. (Fig. 38.) Im oberen Teile des Bohrgerüstes befindet sich eine Vorrichtung zum Aufhängen der Stangen, da sich diese, wenn sie hingestellt werden, leicht verbiegen.

Weite Bohrlöcher werden mit einer Bohrschere bedeckt gehalten, die nur das Gestänge durchläßt und verhindern soll, daß Gegenstände in das Bohrloch fallen. Die Abfangegabel dient zum Abfangen des Gestänges beim An- und Abschrauben, wozu passende Schraubenschlüssel vorhanden sind.

Das Löffeln erfolgt an einem schwachen Seile, die Geschwindigkeit beim Einlassen beträgt bis 80 *m*, die Geschwindigkeit beim Aufholen etwa 20 *m* i. d. Min.

Störungen beim Gestängebohren.

Es können beim Gestängebohren Verklemmungen namentlich des Meißels und Brüche an den Gezähen vorkommen.

Verklemmungen entstehen durch das Bohren sogenannter Füchse (unrunde, meistens dreiseitige Bohrlöcher) und durch Nachfall von den Bohrlochstößen; man sucht sie durch vorsichtiges Bohren zu vermeiden und durch kräftige Schläge gegen das Gestänge sowie durch Wuchten mittels Hebebäume zu beseitigen.

Um sich vor Brüchen zu schützen, ist eine öftere genaue Durchsicht des gesamten Bohrgezähes erforderlich. Treten dennoch Brüche ein, so sind an besonderen starken Gestängen Fangwerkzeuge in das Bohrloch einzuführen. Diese sind je nach der Form der im Bohrloche verbliebenen Teile in Sonderheit des oberen Endes derselben wesentlich verschieden. Zum Fangen unter einem Bunde dient der Glückshaken (Fig. 39), zum Fassen einer Stange ohne Bund bedient man sich der Schrauben-

tute (Fig. 40), man sucht dieselbe über das Gestängeende zu schieben und daran ein Schraubengewinde anzuschneiden, um es dann aufzuholen. Zum Erfassen kleiner auf der Bohrlochsohle liegender Gegenstände dient die Spinnenbüchse (Fig. 41), deren Arme sich beim Auftreffen auf die Bohrlochsohle zusammenbiegen. Durch Einführen der Abdruckbüchse, einer unten offenen, mit fettem Thon ausgefüllten Büchse in das Bohrloch, sucht man einen Abdruck von dem zu fangenden Stücke sowie einen Anhalt über seine Lage zu erhalten.



Fig. 39. Glückshaken.

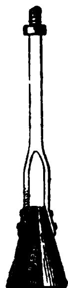


Fig. 40. Schraubentute.

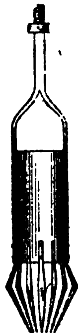


Fig. 41. Spinnenbüchse.

Die Verkleidung der Bohrlochwände.

Durch Verkleidung der Bohrlochwände will man entweder Nachfall verhüten oder bei Bohrungen auf Sole Wasserzugänge abschließen. Die Verkleidung kann erfolgen mittels Beton (s. S. 132) oder durch Einbringen von Holz- oder Eisenrohren. Sicherung der Bohrlochwände mittels Beton findet meistens nur dann statt, wenn an einzelnen Stellen weiterer Nachfall verhindert werden soll. Befindet sich die fragliche Stelle vor Ort, so wird der Beton ohne weiteres eingebracht und festgestampft. Soll in gewisser Höhe im Bohrloch eine durch Nachfall erweiterte

Stelle mit Beton verkleidet werden, so wird der untere Teil des Loches mit feinem Sande ausgefüllt und auf diesen der Beton eingebracht; in 2 bis 3 Monaten erhärtet derselbe vollständig und man bohrt dann das Bohrloch in der früheren Weite aus. Sollen die Bohrlochwände auf größere Längen verkleidet werden, so müssen **Verrohrungen** eingebracht werden. Durch einen Rohrstrang wird der Bohrlochdurchmesser verkleinert, es ist daher nötig, mit schmälerem Meißel oder mit Erweiterungsbohrer fort zu arbeiten. Die einzelnen Rohrlängen werden durch Verschrauben oder Vernieten miteinander verbunden, am zweckmäßigsten so, daß die Rohre innen uud außen glatt bleiben. (Fig. 28, S. 33.) Der Rohrstrang wird am Seil mittels des **Röhrenbündels** gehalten, wie derselbe tiefer in das Bohrloch hineingelassen wird, werden oben nach und nach Rohre angefügt. Um Klemmungen zu vermeiden, giebt man zwischen Bohrlochwand und Verkleidungsröhren allseitig 5—10 *mm* Spielraum; finden trotzdem Klemmungen statt, so beschwert man die Rohre oder drückt sie mittels Schraubenpressen nach. Sitzt ein Rohrstrang fest und kann nicht weiter vorwärts gebracht werden, so führt man innerhalb des ersten einen zweiten von entsprechend kleinerem Durchmesser ein. Eine Verrohrung, welche bis zu Tage reicht, nennt man eine **giltige**, eine solche, welche nicht bis zu Tage reicht, eine **verlorene**.

Erweiterungsbohrer werden namentlich angewendet, wenn der Röhrenstrang während des Abbohrens des Loches nachgeführt werden soll, sie besitzen am Meißelschaft bewegliche Nachschneiden. (Fig. 42) Beim Einführen des Erweiterungsbohrers sind die Schneiden eingelegt und werden in dieser Stellung durch



Fig. 42. Erweiterungsbohrer.

einen Eisendraht festgehalten, der unter der Hauptschneide hinweg geht. Dieser Draht wird durch die ersten Schläge des Meißels zerschnitten und es treten dann die Nachschneiden durch die Kraft einer Feder und gespannter Stricke heraus. Beim Aufholen des Meißels werden die Nachschneiden durch die Verrohrung in die anfängliche Stellung zurückgedrängt.

Stoßendes Bohren am Seil.

Diese Art der Tiefbohrung wurde zuerst in China ausgeführt und heißt deshalb auch chinesisches Bohren. Das Gestänge wird durch ein Seil ersetzt, das Umsetzen des Bohrers erfolgt, wenn auch unregelmäßig, in folgender Weise: Nach dem Aufschlagen des Meißels dreht sich das entlastete Seil mit Hilfe eines über Tage vorhandenen Wirbels zusammen und dreht sich beim Anheben des Meißels, weil belastet, wieder auf. Hierdurch trifft der Bohrer nach jedem Schlage in veränderter Stellung vor dem Bohrorte auf. Als Nachteile des Seilbohrens werden angeführt, daß es schwer ist, das Bohrloch rund zu erhalten und daß die Hubhöhe wegen der Dehnung des Seiles nicht genau bemessen werden kann. Die Vorteile des Seilbohrens gegenüber dem Bohren mit Gestänge sind: Große Zeitersparnis beim Einlassen und Aufholen des Meißels, das geringe Gewicht des die Stelle des Obergestänges vertretenden Seiles und wenig Nachfall. Für den Fall, daß Brüche eintreten, muß zur Handhabung der Fangwerkzeuge ein Gestänge zur Hand sein.

Auch beim Seilbohren sind Freifallinstrumente verwendet worden, z. T. mit Vorrichtung zum selbstthätigen Umsetzen, trotzdem ist die Anwendung des Seilbohrens eine beschränkte. Die Einrichtungen über Tage sind ähnlich wie bei dem Gestängebohren; das Seil wird in der Seilklemme gehalten, die eine bequeme Lösung bei der Verlängerung und beim Aufholen des Meißels gestattet.

Tiefbohren mittelst Wasserspülung.

Das Verfahren wird nur in sandigen oder ganz weichen Schichten angewendet. Ein eigentliches Bohrwerkzeug ist nicht vorhanden, es trifft vielmehr ein Wasserstrom auf die sandigen Massen, trennt deren Zusammenhang und wirkt zu gleicher Zeit fortschaffend, so daß wie beim Diamantbohren das Löffeln fortfällt. Die ganze Anlage hat wegen der Benutzung von Druckwasser als Bohrkraft Ähnlichkeit mit der Diamantbohrung. Mit dem Fortschreiten des Bohrloches werden zwei Rohrstränge nachgeführt, der äußere, weitere dient zur Verkleidung der Bohrlochwände, der innere zur Zuführung des durch eine Pumpe zugebrachten Spülwassers. In dem ringförmigen Raume zwischen den beiden Rohrsträngen steigt das Spülwasser mit den losgespülten Massen in die Höhe und nimmt auch kleinere Geröllstücke mit sich fort. (Fig. 43.) Die Verkleidungs-Rohre sinken beim Fortschreiten der Bohrarbeit entweder durch ihr Eigengewicht nach, oder werden belastet oder durch Schraubenpressen nachgedrückt, die Spülrohre werden allmählich tiefer gesenkt.

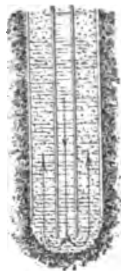


Fig. 43.
Spülbohren.

Das Verfahren wird für Tiefen bis zu 100 *m* angewendet und es können bis 30 *m* täglich gebohrt werden.

Tiefbohren in anderer Richtung als senkrecht abwärts.

Das Bohren in wagrechter und geneigter Richtung kann deshalb nicht auf sehr große Tiefen ausgeführt werden, weil die Bohrgestänge sich durch ihr Eigengewicht biegen und das Loch krumm wird, es finden dann beim Umsetzen Klemmungen statt.

Das Bohren senkrecht aufwärts findet häufiger Anwendung z. B. zur Untersuchung von Flözen und Lagern von den auf dem Liegenden derselben getriebenen Strecken aus. In weicheren Massen, so in Braunkohle, werden gewöhnlich Spiralbohrer angewendet.

Von Band ist eine Vorrichtung zum Aufwärtsbohren mittels Meißelbohrer angegeben und in Freiberg mehrfach zum Zäpfen alter Baue benutzt worden. Die Achse eines Winkelhebels ist in einer Bohrdocke verlagert und kann beim Fortschreiten des Bohrloches um die Länge einer Hilfsstange nach und nach gehoben werden. Auf dem wagrechten Arme des Winkelhebels ruht das Bohrgestänge in einer Pfanne, an dem senkrechten Arme befindet sich eine wagrechte Schubstange, welche mit Eisen beschlagen und mit einem Gegengewichtskasten beschwert ist. Gegen diese werden mittels eines aufgehängten Gewichtes Schläge geführt, die sich auf den Meißelbohrer übertragen. Das Einführen und Niederlassen des Gestänges erfolgt mit Hilfe eines über eine Seilscheibe geführten Seiles. Alle übrigen Einrichtungen sind wie beim stoßenden Bohren nach abwärts, doch fällt naturgemäß das Löffeln fort.

In neuester Zeit sind auch Verfahren ausgebildet worden, welche das Tiefbohren in wagrechter und geneigter Richtung auf größere Tiefen gestatten. So werden auf Kohlengruben statt der Wetteraufhiebe zwischen Parallelstrecken Bohrlöcher von 20—30 *cm* Durchmesser mittels Spiralbohrer hergestellt. Beim Erzbergbau hat man statt der teuren Querschlagsbetriebe für Untersuchungsarbeiten mittels des Kernbohrens und Handbetrieb Bohrlöcher bis auf 50 *m* wagrechte Länge hergestellt. *)

*) Österr. Ztschr. 1889, Nr. 42.

III. Die Gewinnungsarbeiten.

Unter Gewinnungs- oder Häuerarbeiten versteht man diejenigen bergmännischen Arbeiten, welche den Zweck haben, Mineralien oder Gesteine aus dem natürlichen Zusammenhange zu lösen, so daß sie der Förderung übergeben werden können.

Die Häuerarbeiten und die dabei verwendeten Gezähe sind verschieden, je nach der Gewinnbarkeit der Massen, welche namentlich von der Spannung und Härte des Gesteins abhängt. Spannung ist derjenige Widerstand, den das Gestein infolge des Zusammenhanges der einzelnen Teile der Gewinnung entgegensetzt, Härte ist der Widerstand eines Gesteins gegen das Eindringen der Gezähstücke. Der Bohrmeißel und die Keilhaue haben die Härte, das Sprengmittel und der Keil die Spannung des Gesteins zu überwinden.

Die Gesteinsspannung hängt ab von der Zahl und Beschaffenheit der freien Flächen, dem vorhandenen Gebirgsdruck, der Zerklüftung, der Structur, auch von der Härte des Gesteins und hat auf die Form der herzustellenden Grubenräume wesentlichen Einfluß. In massigen Gesteinen wählt man gewöhnlich elliptische Streckenquerschnitte, im geschichteten Gebirge rechteckige. Das Abteufen runder Schächte (vgl. S. 97) geht schneller von statten als das Abteufen rechteckiger, da bei letzteren die Ecken ausgeschossen werden müssen, in denen die Spannung am größten ist. Die Härte der Gesteine ist verschieden, je nach der mineralogischen Zusammensetzung.

Nach der Gewinnbarkeit teilte Werner die Gesteine ein in:

1. rollige, z. B. Sand, Torf, Gerölle, bereits gewonnene Massen;
2. milde, z. B. manche Braunkohlen, Thone;
3. gebräche, z. B. manche Sandsteine und Steinkohlen;

4. feste, z. B. Kalkstein, Thonschiefer;
5. sehr feste, z. B. Quarz, Schwefelkies.

Ferner kann man noch die in Wasser leicht löslichen Gesteine, z. B. Steinsalz als besondere Gruppe betrachten. Schwimmendes Gebirge nennt man rollige Massen, welche viel Wasser enthalten und bei der Bearbeitung dünnflüssig werden.

Die Gewinnungsarbeiten werden eingeteilt in:
1. Wegfüllarbeit,
2. Keilhauenarbeit,
3. Hereintreibearbeit,
4. Arbeit mit Schlägel und Eisen,
5. Sprengarbeit,
6. Feuersetzen,
7. Arbeit mit Zuhilfenahme von Wasser.

Hiervon sind die wichtigsten: für rollige Massen die Wegfüllarbeit, für milde Gesteine die Keilhauenarbeit, für feste die Sprengarbeit; letztere hat das Feuersetzen und die Arbeit mit Schlägel und Eisen als selbständige Gewinnungsarbeiten fast ganz verdrängt.

Durch richtiges Ineinandergreifen der einzelnen Arbeiten und durch sorgfältige Vermeidung von Zeitverlust kann die Leistung bei der Gewinnung ungemein gesteigert werden.

1. Die Wegfüllarbeit.

Die Wegfüllarbeit wird bei rolligen Gebirgsmassen, die nur einen geringen Zusammenhang besitzen, sowie bei bereits durch andere Gewinnungsarbeiten gelösten Massen angewendet. Die Gezähe sind: die Schaufel und der Spaten, Kratze und Trog.

Schaufel und Spaten bestehen aus dem eisernen oder stählernen Blatt von rechteckiger oder herzförmiger Form mit dem Öhr, auch Tülle genannt, zur Aufnahme des Stieles, welcher bei dem Spaten

etwa 1 *m* lang, bei der Schaufel wesentlich länger ist. Bei der letzteren bilden Blatt und Stiel einen Winkel von etwa 140°, so daß der Arbeiter in aufrechter Stellung arbeiten kann, beim Spaten stehen Blatt und Stiel fast in derselben Richtung.

Die Kratze besteht ebenfalls aus dem Blatt mit dem Öhr und dem Helm (so viel wie Stiel). Blatt und Helm bilden einen Winkel, der etwas kleiner als 90° ist. Man unterscheidet die Krückenkratze mit trapezförmigem, etwas gebogenem Blatt und die Spitzkratze mit herzförmigem Blatt.

Der Trog ist ein Gefäß aus Holz, auch Eisenblech in der Form eines niedrigen, an der einen Seite offenen Kastens oder aus Weidengeflecht in Gestalt einer Mulde, im letzteren Falle führt er auch die Bezeichnung Schwinge; die Größe ist je nach dem Gewicht, die Form nach der Gewohnheit in den einzelnen Revieren verschieden. Bei schleppender Förderung treten an die Stelle großer Tröge oft Weidenkörbe oder Schleppkästen.

Können die Massen gleich in die Fördergefäße gefüllt werden, so verwendet man am zweckmäßigsten die Schaufel; müssen die wegzufüllenden Massen bis zum Fördergefäß ein Stück fortgeschafft werden, so wendet man Kratze und Trog an. Letzterer wird mit der Vorderkante unter die Massen geschoben, und während die Hinterkante auf den Füßen des Arbeiters ruht, werden die Massen mit der Kratze auf den Trog gezogen. Der gefüllte Trog wird vor dem Leibe getragen und in das Fördergefäß entleert. Ebenheit der Sohle erleichtert das Wegfüllen sehr wesentlich; unter Umständen stellt man durch Verlegen von Eisenplatten vor dem Schießen oder Hereintreiben der Massen eine ebene Sohle künstlich her.

Im Steinkohlenbergbau findet zum Auslesen der Stückkohlen der Krähl vielfach Verwendung, er ist behelmt wie die Kratze und hat Ähnlichkeit mit einem großen und starken Rechen.

Die Leistung bei der Wegfüllarbeit hängt wesentlich ab von der Natur der Massen und davon, ob dieselben zur Verladung gehoben oder ein Stück getragen werden müssen.

2. Die Keilhauenarbeit.

Die Keilhauenarbeit wird in milden Gebirgsmassen, wie Thon, erdige Braunkohle als selbständige Gewinnungsarbeit mit darauffolgendem Wegfüllen angewendet; in härteren Massen, namentlich in der Steinkohle werden mittels der Keilhaue Schram und Schlitze hergestellt und die Massen durch Hereintreiben oder durch Schießen vollends gewonnen. Wegen des höheren Steinkohlenfalles wird dem Hereintreiben der Vorzug gegeben.

Die Gezähe sind die folgenden:

Die Keilhaue (Fig. 44) besteht aus dem eisernen Blatt mit verstählter Spitze, auch Örtchen genannt, und dem Auge. Das Blatt, 20 bis 30 *cm* lang und 2 bis 3 *kg* schwer, hat rechteckigen Querschnitt, seine Mittellinie bildet einen Bogen, dessen Halbmesser die Länge des im Auge befestigten Helmes, vermehrt um die Unterarmlänge, ist, da die Keilhaue aus dem Ellbogengelenk geführt wird. Die Spitze darf nicht zu scharf ausgezogen sein, das Auge ist am besten trapezförmig, die Rückseite des Blattes, der Nacken, ist verstählt und dient zum Führen von Schlägen.

Ist der Nacken verstärkt und hammerartig geformt, so entsteht der Spitz- oder Schrämhammer; endet das Blatt statt in eine Spitze in eine rechtwinklig zum Helm stehende Schneide, so nennt man die Haue Letten- oder Breithaue, sie wird in weichen Massen angewendet. Doppelkeilhauen (Flügeleisen) tragen auf beiden Seiten des Helmes eine Spitze. Wichtig sind die Keilhauen mit Einsatzspitzen (Fig. 45), da der Arbeiter nur ein Blatt mit Helm und eine Anzahl dazu passender Spitzen braucht; zum Schärfen werden nur die letzteren ausgeführt.

Der Helm der Keilhaue wird am vorteilhaftesten aus Eschen- oder Weißbuchenholz gefertigt; das Bestecken (Befestigen des Helmes) geschieht bequem mittels eiserner Federn (Fig. 46), auch befindet sich wohl unterhalb des Auges eine Verlängerung des Blattes, ein sogen. Bart, wodurch der Helm fester sitzt.

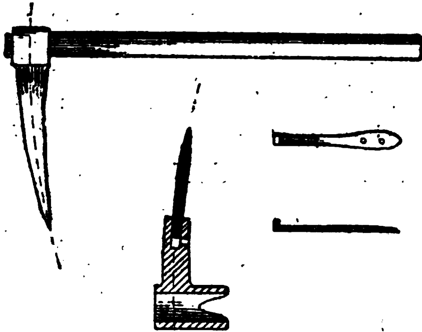


Fig. 44. Keilhaue. Fig. 45. Keilhaue mit Einsatzspitze. Fig. 46. Befestigungsfeder.

Die wichtigste Anwendung findet die Keilhauenarbeit im Flözbergbau beim Herstellen enger und tiefer Einschnitte; liegt ein solcher Einschnitt in der Flözebene, so heißt er Schram, liegt er rechtwinklig zur Flözebene, so heißt er Schlitz oder Kerbe. Der Schram wird thunlichst in eine milde Schicht gelegt und teilt den Ortstoß in Oberbank und Unterbank, die Schlitze legt man an den rechten und linken Stoß. Durch Schrämen und Schlitzen wird die Zahl der freien Flächen vermehrt und die Gesteinsspannung vermindert; man schrämt und schlitzt 0·5—1·0 *m* tief, am besten bis an ein Ablösen. Die Oberbank ist durch Stehenlassen eines sogen. Beines im Schram oder durch Einsetzen eines Stempelabschnittes gegen das Hereinbrechen zu sichern. Die frei

gemachten Massen werden falls nötig mittels Keile hereingetrieben oder mit Hilfe eines Schusses gelöst.

In sehr niedrigen Bauen, z. B. beim Kupferschieferbergbau im Mansfeldischen, liegen die Häuer bei der Arbeit mit der Keilhaue auf der Seite und zwar auf angeschnallten Brettstücken (Achselbrett und Beinbrett). Man nennt diese Art der Arbeit Krumhälser-Arbeit.

Die Handarbeit mit der Keilhaue in zweckentsprechender Weise durch Maschinenarbeit zu ersetzen, ist bis jetzt noch nicht gelungen. Man hat Maschinen mit schabenden, solche mit hauenden und auch mit stoßenden Werkzeugen; die letzteren, welche nach Art der stoßenden Bohrmaschinen wirken (vgl. S. 62), dürften die größten Aussichten auf Einführung in die Praxis haben. Neuerdings ist man namentlich in Mansfeld bemüht, leichte derartige Maschinen zu construieren, die eine sehr große Anzahl von Schlägen in der Minute ausführen und bei langsamer Hin- und Herbewegung allmählich einen Schram herstellen.*)

3. Die Hereintreibearbeit.

Die Hereintreibearbeit dient als selbständige Gewinnungsarbeit bei zerklüftetem Gebirge, als Nacharbeit bei der Keilhauen- und Sprengarbeit, im letzteren Falle zum Zubrüsten der Bohrlöcher und zum Beräumen der Schüsse.

Es sind die folgenden Gezähe im Gebrauch:

Das Treibefäustel besteht aus Eisen mit verstählten Bahnen und ist 3·5 bis 6 *kg* schwer, der Querschnitt ist quadratisch mit verbrochenen Kanten, das Auge ist elliptisch oder rechteckig. Zu Stielen dienen sehr zweckmäßig junge Stämmchen von Esche oder Eiche, da sie

*) Der 4. allgemeine deutsche Bergmannstag in Halle. Vortrag des Bergmeisters Schrader, Eisleben: die Anwendung von Gesteinsbohrmaschinen bei dem Streckenbetrieb und dem Abbau auf dem Mansfelder Kupferschieferflötz.

biegsam sind und nicht prellen. Das Treibefäustel dient zum Eintreiben der Keile.

Der Flachkeil besteht aus Eisen, sein Querschnitt ist flach rechteckig, vorn läuft er in eine Schneide aus. Der Fimmel oder Spitzkeil, ebenfalls aus Eisen, hat angenähert quadratischen Querschnitt und läuft in eine Spitze aus, hat also etwa die Form eines großen Bergeisens, (vgl. S. 56) jedoch ohne Auge. Die Abmessungen der Keile sind je nach Umständen sehr verschieden.

Die Legeeisen sind starke Eisenbleche, welche zur Seite der Keile eingelegt werden, um den vom Keil ausgeübten Druck gleichmäßig auf eine größere Fläche zu verteilen.

Der Schrämspieß besteht aus einer eisernen Stange von quadratischem Querschnitt mit verbrochenen Kanten, die Spitze ist verstählt. Die Länge der Stange beträgt 0·5 bis 1·0 *m*, die Stärke 2 *cm*. Der Schrämspieß wird teils für sich allein, ähnlich wie eine Haue, teils wie das Eisen oder der Steinmeißel zusammen mit dem Fäustel benutzt.

Die Brechstange ist eine runde eiserne Stange etwa 5 *cm* stark, läuft einerseits in einen Schuh, am anderen Ende in eine stumpfe Spitze aus, sie dient zum Loswuchten von Massen und wird als zweiarmiger Hebel benutzt.

Die Hereintreibearbeit wird derart ausgeführt, daß unter Rücksichtnahme auf die Lage der freien Flächen die Gezähstücke in die vorhandenen Klüfte eingetrieben oder eingezwängt und durch Erweitern derselben kleinere Stücke oder größere Massen gelöst werden.

4. Die Arbeit mit Schlägel und Eisen.

Die Arbeit mit Schlägel und Eisen war bis zur Einführung der Schießarbeit beim Bergbau um das Jahr 1640 die wichtigste Gewinnungsarbeit für feste Gesteine, jetzt dient sie nur als Hilfsarbeit bei der Schießarbeit zum Zubrüsten und Abtreiben; außerdem findet

sie überall da Anwendung, wo die bei der Schießarbeit unvermeidliche Zerklüftung und Erschütterung der Stöße vermieden werden soll, z. B. beim Grubenausbau zum Herrichten von Anfall und Bühnloch für das Einbauen von Hölzern, zum Hauen von Widerlagern für Mauerbögen u. dergl.

Das Schlägel, auch Fäustel genannt, wird bei der Sprengarbeit beschrieben werden. (vgl. S. 59).

Das Eisen oder Bergeisen (Fig. 47 und 48) besteht aus Eisen mit verstählter Spitze oder ist ganz aus Stahl, es ist etwa 15 *cm* lang und 2 *cm* stark. Die Spitze, auch Örtchen genannt, ist verhältnismäßig stumpf, doch nach der Gesteinsbeschaffenheit verschieden,

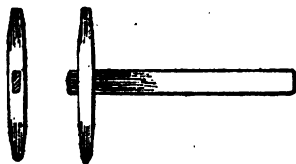


Fig. 47, 48. Bergeisen.

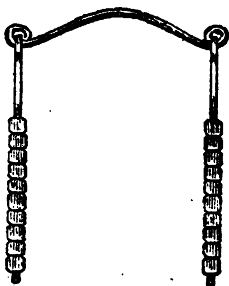


Fig. 49. Eisenriemen.

schlanker in mildem, gedrungener in festem Gestein; das andere Ende ist eben und heißt die Bahn. Das Eisen ist mit einem Auge versehen, wird jedoch gewöhnlich lose auf ein Helm gesteckt; da sich die Spitze leicht abnutzt, wird eine Anzahl Eisen auf den Eisenriemen (Fig. 49.) aufgereiht und mittels desselben auf der Schulter ein- und ausgeführt. Der Eisenriemen war früher wirklich ein lederner Riemen, seit langer Zeit fertigt man jedoch die abgebildete Vorrichtung aus Eisen.

Bei Ausführung der Arbeit wird mittels des Fäustels auf das mit der linken Hand geführte Eisen geschlagen,

in zerklüftetem Gestein wird wie bei der Hereintreibarbeit verfahren, in ganzem Gestein werden parallel verlaufende Furchen ausgearbeitet und darauf die zwischen denselben stehen gebliebenen Grate nachgenommen.

Schlägel und Eisen gekreuzt sind das alte bergmännische Wahrzeichen.

5. Die Sprengarbeit.

Bei der Sprengarbeit wird durch Bohren ein cylindrischer Hohlraum, das Bohrloch, hergestellt, in den tiefsten Teil desselben bringt man den Sprengstoff (Laden des Bohrloches) und füllt den vorderen Teil unter Belassung eines Zündkanales dicht aus. (Besetzen des Bohrloches.) Bei der Entzündung des Sprengmittels überwindet die Spannung der Sprenggase die Gesteinsspannung und der Zusammenhang des Gesteins wird getrennt.

Demnach kann man die Sprengarbeit in folgende Abschnitte einteilen:

1. Die Herstellung der Bohrlöcher a. durch Handarbeit b. durch Maschinenarbeit.
2. Die Spreng- und Zündmittel.
3. Das Laden und Wegthun der Bohrlöcher.

1. Die Herstellung der Bohrlöcher.

Handbohren.*)

Das Handbohren kann in verschiedener Weise stattfinden:

In weicheren Massen, z. B. Braunkohle, Schieferthon, Steinsalz, wird drehend gebohrt. Der Bohrer ist ein Schlangen- oder Schneckenbohrer, er besteht wie beim drehenden Tiefbohren aus einer eisernen oder stählernen Stange, welche in ihrem vorderen Teile nach Art der Holzbohrer spiralförmig gewunden ist und in zwei Spitzen

*) Vgl. auch den Abschnitt Bohrarbeit im allgemeinen. S. 28.

endigt. Am oberen Ende der Stange ist ein Öhr angeschmiedet, mittels eines durch dasselbe gesteckten Holzgriffes dreht der Arbeiter den Schlangenbohrer und drückt ihn gegen das Gestein. Die Löcher sind etwa 4 *cm* weit, je nach der Gesteinsbeschaffenheit werden 50 *cm* Loch in $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde abgebohrt.

Zuweilen wird mit schweren Meißelbohrern stoßend gebohrt, das hintere Ende der Bohrstange ist kugelförmig geschmiedet, um bequem in der Hand zu ruhen.

In festen Gesteinen wird i. d. R. so gebohrt, daß mit dem Fäustel auf den Meißelbohrer geschlagen wird. Hierbei ist zu unterscheiden einmännisches und zweimännisches Bohren, ferner gewöhnliches Bohren und Schlenkerbohren. Beim einmännischen Bohren führt ein Mann den Bohrer und auch das Fäustel, beim zweimännischen Bohren führt ein Mann den Bohrer, ein zweiter das Fäustel. Das Schlenkerbohren wurde zuerst von Italienern angewendet; man bohrt aufwärts gerichtete Löcher, indem das Fäustel mit schlaff herabhängendem Arme pendelnd geführt wird.

Die Gezähe zum Bohren mit Bohrer und Fäustel sind die folgenden:

Das Fäustel besteht aus Eisen mit verstählten Bahnen oder ist ganz aus Gußstahl, es soll, um das Prellen zu verhüten, ähnlich wie die Keilhaue nach einem Halbmesser von etwa 50 *cm* gebogen sein. (Fig. 50, 51.) Das Öhr oder Auge ist rechteckig oder elliptisch, damit das etwa 25 *cm* lange Helm festsitzt. Das Gewicht der einmännischen Fäustel beträgt 1—1$^1/_2$ *kg*, das der zweimännischen 2$^1/_2$ *kg*, die Bahnen erhalten 3—4 *cm* Seitenlänge, der Querschnitt ist quadratisch mit verbrochenen Kanten. Beim Schlenkerbohren werden Helme mit gekrümmter Handhabe verwendet oder es wird durch ein Öhr des Helmes ein Lederriemen gezogen, welchen der Mann um das Handgelenk nimmt; auch ist das Helm zuweilen elastisch.

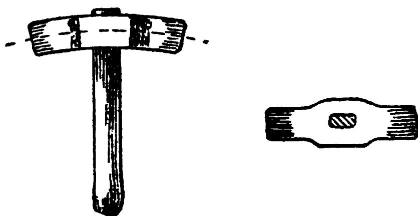


Fig. 50, 51. Fäustel.

Der **Bohrer**. Zum Handbohren werden zur Zeit gewöhnlich **Meißelbohrer** verwendet; beim Schärfen ist die Schneidenbreite genau nach einer Lehre herzustellen. Für 22 *mm* Dynamit haben Anfänger 33 *mm* Schneidenbreite, die Abbohrer 24 *mm*, für 18 *mm* Dynamit die Anfänger 26 *mm*, die Abbohrer 20 *mm*. **Kolben-** und **Kronenbohrer** sind veraltet. Die Meißelbohrer bestehen aus der **Stange**, an dem einen Ende mit der **Bahn**, auf welche die Schläge geführt werden, am anderen Ende mit der **Schneide**, dem arbeitenden Teile; das Material ist Gußstahl oder verstähltes Eisen. Der Querschnitt der Bohrerstangen ist wegen des **Umsetzens** zweckmäßig quadratisch mit verbrochenen Kanten, die Stärke beträgt $^2/_5$ bis $^3/_4$ der Schneidenbreite; die **Schneide** selbst ist gerade oder etwas gekrümmt, bei hartem Gestein stumpfer (etwa 70°), bei weichem Gestein schärfer (etwa 40°).

Der **Krätzer** dient dazu, um das Bohrloch von dem **Bohrmehl** oder **Bohrschmand** zu reinigen, er besteht aus einer runden Eisenstange mit einem kleinen Blatt an der einen und einem Öhr an der andern Seite. Ist, um das Bohren zu erleichtern und Staubbildung zu verhüten, ein abwärts gerichtetes Bohrloch mit Wasser gebohrt worden, so wird um das Bohrloch auszutrocknen, durch das Öhr des Krätzers ein Lappen gezogen. Beim Bohren mit Wasser werden auch der **Bohrtrog** und die **Bohrscheibe** verwendet, der

Bohrtrog dient als Wasserbehälter, die Bohrscheibe wird über den Bohrer gesteckt und soll das Herausspritzen des Bohrschmandes aus dem Bohrloche verhüten.

Maschinenbohren.*)

Die Bohrmaschinen arbeiten entweder stoßend oder drehend, die bewegende Kraft ist Menschenkraft (Handbohrmaschinen) oder Maschinenkraft (mechanische Bohrmaschinen) und zwar gepreßte Luft oder Druckwasser; in neuester Zeit ist auch elektrische Kraftübertragung angewendet worden.

Unter den Handbohrmaschinen haben sich stoßende bisher nicht einbürgern können, die drehend wirkende Maschine von Lisbeth (Fig. 52. 53) hat sich für milde Gesteine, z. B. Steinkohle, Steinsalz, bewährt.

Die Aufstellung erfolgt mittels einer Spannsäule, die aus zwei teleskopartig verstellbaren Teilen besteht und mittels einer Schraubenspindel zwischen Firste und Sohle oder zwischen den Stößen festgestellt werden kann. An der Spannsäule kann das Lager für den Bohrer in verschiedener Höhe durch Steckbolzen befestigt werden, es gestattet ein Kippen des Bohrers in einer senkrechten Ebene, außerdem kann eine Drehung des letzteren nach den Seiten durch Drehung der Spannsäule erreicht werden. Der Bohrer ist ein Schneckenbohrer, die Stange ist als Schraubenspindel gearbeitet, die dazu passende Mutter bildet einen Teil des Lagers. Mittels einer Kurbel oder bei weniger Raum mittels einer Knarre wird der Bohrer gedreht und rückt entsprechend der Höhe des Schraubengewindes der Bohrerstange vor, dieses muß daher je nach der Härte des Gesteins steiler oder flacher geschnitten sein. Die Schraubenmutter, welche die Bohrerstange führt, besteht aus zwei Teilen, so daß

*) Sehr ausführlich ist dieser Stoff behandelt in „Handbuch der Ingenieurwissenschaften IV. Bd. 1885, VIII. Abschn. Gesteinsbohrmaschinen von W. Schulz."

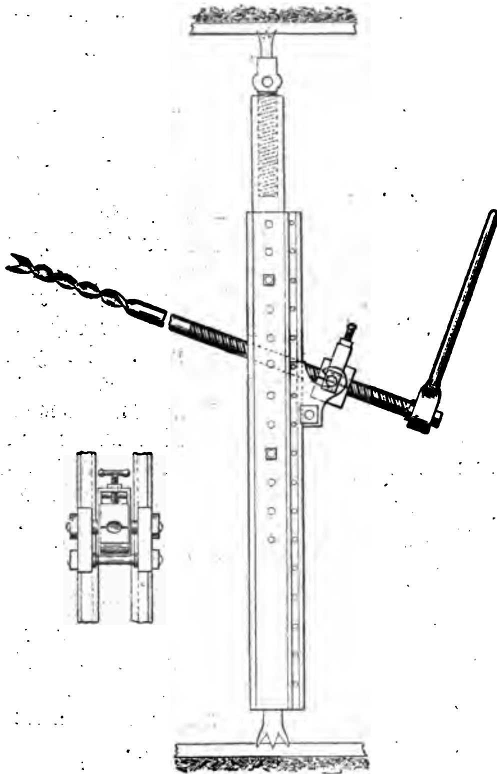


Fig. 52, 53. Lisbeth'sche Handbohrmaschine.

ein schnelles Auswechseln des Bohrers möglich ist. 1 *m* Bohrloch kann etwa in $^1/_2$ Stunde hergestellt werden.

Auch die mechanischen Bohrmaschinen zerfallen in solche für stoßendes und für drehendes Bohren.

Stoßende mechanische Bohrmaschinen.

Die in Gruben benutzten Bohrmaschinen dieser Art werden sämtlich durch gepreßte Luft betrieben; die letztere wird mittels Luftcompressoren (Luftpressen), welche durch Dampfmaschine, Wasserrad oder Turbine betrieben werden können, mit einem Kostenaufwande von $1^1/_3$ bis 2 Pf. f. d. *cbm* (einschließlich Verzinsung und Amortisation der Anlage) auf 3—5 Atmosphären Spannung gebracht. Die Luftpressen arbeiten wie die Pumpen mittels Kolben oder wie die Glockenventilatoren (vgl. Abschn. Wetterlehre). Man unterscheidet nasse und trockene Compressoren, je nachdem zusammen mit der Luft Wasser zur Kühlung angesaugt wird oder nicht. Die gepreßte Luft wird zur Ausgleichung der Druckschwankungen und zur Abscheidung des Kühlwassers in Luftsammler, gewöhnlich gebrauchte Dampfkessel geleitet und in Rohrsträngen mit eingeschalteten Absperrventilen den Verbrauchsorten zugeführt. Zur Verbindung der Bohrmaschine mit der Luftleitung dient ein starker Gummischlauch. Die Rohrdurchmesser sind so zu wählen, daß die Geschwindigkeit der Luft nicht über 1 *m* beträgt.

Allgemeines. Die ersten Versuche zur Herstellung von Bohrmaschinen wurden in den fünfziger Jahren gemacht, doch erst mit der Construction der Sachs'schen Bohrmaschine bürgerte sich die Verwendung des Maschinenbohrens Ende der sechziger Jahre beim Bergbau ein und findet seitdem immer weitere Verbreitung.

Die stoßenden Bohrmaschinen sollen drei Arbeitsleistungen verrichten:

Die Schläge mit dem Bohrer ausführen,

den Bohrer nach jedem Schlage umsetzen,

die Maschine vorrücken, wie der Fortschritt der Bohrarbeit es verlangt.

Die ersten beiden Arbeiten werden von den Bohrmaschinen immer selbstthätig verrichtet, die dritte Arbeit erfolgt oft mit der Hand.

Die Bewegung des Meißelbohrers geschieht bei allen Bohrmaschinen in gleicher Weise: der Bohrer ist durch die Kolbenstange mit dem Kolben verbunden und dieser wird in dem Cylinder mit Hilfe der Steuerung durch die Preßluft hin und her bewegt und zwar werden etwa 200 Schläge i. d. Min. ausgeführt. Die Steuerung ist meistens der Schiebersteuerung bei Dampfmaschinen ähnlich, der Schieber befindet sich in dem Schieberkasten und wird entweder durch den Kolben mittels Hebelübertragung bewegt, oder der Schieber ist mit einem Hilfskolben verbunden und auf diesen wirkt die Preßluft als bewegende Kraft. Infolge der Schieberbewegung tritt die Preßluft abwechselnd hinter und vor den Kolben. Bei einigen wenigen Maschinen, (vgl. die Masch. von Neill Fig. 60, S. 69) besorgt der Arbeitskolben selbst die Verteilung der Preßluft, eine besondere Vorrichtung zur Umsteuerung ist nicht vorhanden. Der Vorstoß geschieht bei allen Maschinen mit mehr Kraft als das Zurückziehen des Bohrers, da die hintere Kolbenfläche größer ist als die vordere, an der die stark gehaltene Kolbenstange ansetzt. Diese ist in ihrem vorderen Teile hohl und besteht aus zwei federnden Hälften, zwischen denen mittels eines umgelegten Ringes und zweier Preßschrauben der Bohrer festgeklemmt wird.

Das Umsetzen des Meißelbohrers geschieht bei allen Maschinen während der Rückbewegung des Bohrers und zwar entweder mittels Schaltrades, Schubklinke und Dornes, oder vermöge Stange mit Drallzügen, Sperrad und Sperrklinke.

Bei der erstgenannten Einrichtung wird durch Hebelübertragung vom Kolben aus bei jedem Kolbenrückgange das Schaltrad mittels der Schubklinke um einen Zahn gedreht, hierbei wird ein kantiger Dorn und auch der Kolben mit dem Meißelbohrer gedreht. Der Dorn ist entweder mit der Achse des Schaltrades fest verbunden und der Kolben schiebt sich beim Rückgange über denselben hinweg, oder der Dorn bildet die hintere schwache

Kolbenstange, welche sich durch die Achse des Schaltrades hindurchschiebt. Beim Vorstoß steht das Schaltrad still und der Kolben geht geradeaus (vgl. Fig. 57, S. 67).

Bei der zweiten Anordnung ist die Stange mit Drallzügen (Vertiefungen, welche spiralförmig auf der cylindrischen Stange verlaufen) in gleicher Weise entweder als schwache hintere Kolbenstange mit dem Kolben oder mit dem Sperrrade verbunden. Bewegt sich der Kolben rückwärts, so wird das Sperrrad durch die Klinke festgehalten und der Kolben muß sich den Drallzügen entsprechend drehen, bewegt sich der Kolben vorwärts, so geht er geradeaus und das Sperrrad dreht sich unter der Sperrklinke fort. (vgl. Fig. 59, S. 69).

Wird das Vorrücken der Maschine selbstthätig bewirkt, so muß die Einrichtung derart getroffen sein, daß nur vorgerückt wird, nachdem das Bohrloch um ein entsprechendes Stück vertieft worden ist, die Maschinen verlieren jedoch hierdurch an Einfachheit und werden reparaturbedürftiger. Das Vorrücken geschieht daher bei den am häufigsten angewendeten Maschinen mit der Hand und zwar durch Drehung einer Schraubenspindel in einer mit der Maschine verbundenen Schraubenmutter, außerdem ist die Schraubenspindel mit cylindrisch abgedrehten Teilen in dem Rahmen oder Bett drehbar verlagert. Es sind daher die Bohrmaschinen entweder mittels an den Cylinder angegossener und durchlochter Lappen auf einem Rahmen befestigt, der aus eisernen Stangen (eine derselben ist als Schraubenspindeln gearbeitet) und den dazugehörigen Verbindungsbügeln besteht, (Fig. 55. und 56. S. 67.) oder die Maschinen sind von einem Führungsmantel (Bett) umgeben und werden in demselben mittels Nuten und Federn geführt. (Fig. 58. und 59. S. 69).

Vor Ort werden die Bohrmaschinen mit Hilfe von Spannsäulen aufgestellt, diese bestehen aus zwei Teilen, die gegeneinander entweder als Schraubenspindel in einer Schraubenmutter oder als Plungerkolben in einem ent-

sprechenden Cylinder beweglich sind. Im letzteren Falle kann die Bewegung durch den Druck einer hydraulischen Presse bewirkt werden, welche sich im unteren Teile der Spannsäule befindet. Durch Handlichkeit und Einfachheit der Einrichtung zeichnet sich die Fröhlich'sche Bohrsäule*) vorteilhaft aus. (Fig. 54.) In einem Säulenschafte ist ein durch Lederstulp abgedichteter Röhrenkolben verschiebbar, innerhalb dieses läßt sich noch ein Vollkolben, ebenfalls durch Lederstulp abgedichtet, durch Drehung einer Schraubenspindel vorschieben, deren Mutter durch Feder und Nut geführt zwar im Röhrenkolben gleiten kann, aber an der Drehung verhindert ist. Der Raum unter der Schraubenspindel kann durch eine Füllöffnung mit einer Flüssigkeit gefüllt werden. Dreht man die Schraube, so drückt der Vollkolben auf die Flüssigkeit und diese preßt den Röhrenkolben aus dem Säulenschafte hinaus. Über den oberen Teil des Röhrenkolbens ist eine Kappe geschraubt, welche den Kopf der Schraubenspindel aufnimmt und derselben als Widerlager dient.


Fig. 54. Fröhlich'sche Bohrsäule.

Die Spannsäule kann in beliebiger Stellung vor Ort eingesetzt werden, um dieselbe ist ein starker Ring gelegt, der in der Längsrichtung der Säule verschiebbar, ferner um dieselbe drehbar und feststellbar ist. In diesen läßt sich die Bohrmaschine mit einem Teile (gewöhnlich konischer Teller) des Führungsmantels oder des Gestelles ebenfalls drehbar einsetzen und dann feststellen. (vgl. Fig. 58. S. 69.) Mit der Bohrmaschine können daher vor Ort in jeder beliebigen Richtung Löcher gebohrt werden. Steht z. B. die Spannsäule senkrecht, so kann

*) D. R. P. Kl. V. Nr. 36613.

der Ring an der Säule jede Höhenlage einnehmen und außerdem um die Säule gedreht werden; am Ringe kann wieder die Bohrmaschine in einer senkrechten Ebene gekippt werden. Besonders wichtig ist es, daß die Bohrmaschine schnell aufgestellt werden kann und daß sie in der Richtung des Loches unverrückt stehen bleibt. Zuweilen sind mehrere Spannsäulen mit einem starken Wagen verbunden; die ganze Einrichtung nennt man Bohrmaschinengestell.

Beim Maschinenbohren pflegt man das Löffeln dadurch zu ersparen, daß man Druckwasser in das Bohrloch spritzt, zu gleicher Zeit wird hierdurch der Bohrer gekühlt.

Die Anzahl der verschiedenen Bohrmaschinenconstructionen ist eine sehr große. Für die praktische Verwendung einer Bohrmaschine sind von der größten Bedeutung: einfache und starke Bauart, nicht zu großes Gewicht, verdeckte Lage der beweglichen Teile und leichtes Auswechseln derselben. Für jeden Betriebspunkt sollte eine Reservemaschine vorhanden sein.

Als Beispiele seien hier angeführt die Maschinen von Sachs, von Schramm und Mahler und von Neill. Die beigefügten Zeichnungen geben die Einzelheiten nicht an, dieselben sollen nur ein allgemeines Bild der ganzen Einrichtung geben.

Die Maschine von Sachs (Fig. 55, 56, 57) wird dadurch gesteuert, daß von der schwachen hinteren Kolbenstange a aus ein Winkelhebel b in Schwingungen versetzt wird, welcher den Muschelschieber c hin- und herbewegt. Die Schiebersteuerung hat übrigens die Eigentümlichkeit, daß die Preßluft unter den Schieber tritt. Der Winkelhebel sitzt auf einer über dem Cylinder verlagerten Welle, welche einen weiteren Hebelarm trägt, der mittels Schubklinke auf ein Schaltrad d wirkt und den Bohrer umsetzt. Die hintere Kolbenstange trägt zu diesem Zwecke eine Längsrippe, die in eine Nut des Schaltrades paßt. Durch seitlich an den Cylinder an-

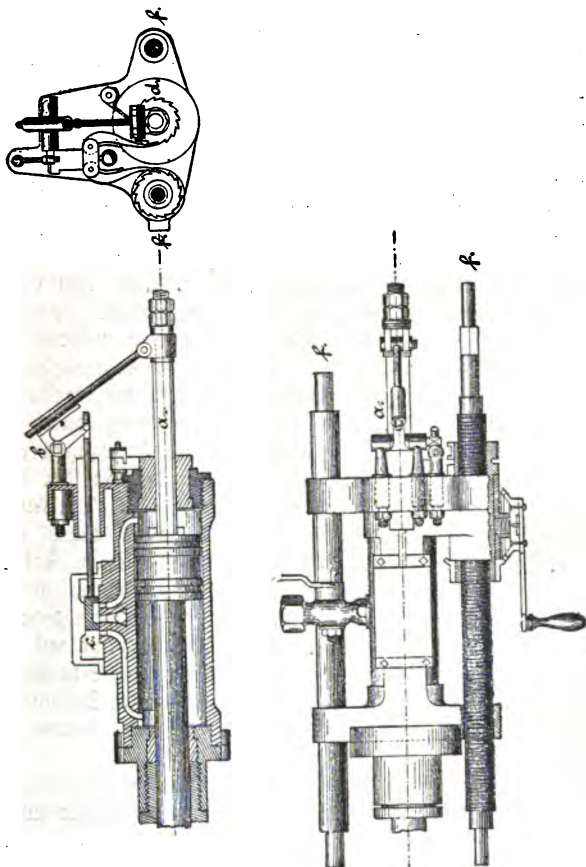
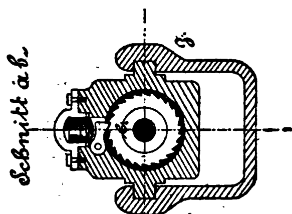


Fig. 55, 56, 57.
Bohrmaschine von Sachs.

gegossene Lappen gehen die Stangen f des Rahmens hindurch, auf welchem die Maschine selbstthätig oder auch mit Hand vorgerückt werden kann. Eine der Führungsstangen ist als Schraubenspindel geschnitten, die Vorrückung erfolgt durch Drehung einer mit der Maschine verbundenen Schraubenmutter durch Schaltrad und Schubklinke von dem oben erwähnten Winkelhebel aus oder mittels Handkurbel.

Bei der Bohrmaschine von Schramm und Mahler (Fig. 58, 59) ist der Muschelschieber mit einem kleinen Kolben c verbunden, dessen Hin- und Herbewegung durch die Preßluft geschieht. Diese tritt durch in den Cylinderwandungen ausgebohrte Kanäle d und d_1 vom Hauptcylinder aus abwechselnd auf eine Seite des Steuerkolbens, sobald der lang gehaltene Hauptkolben kurz vor jedesmaliger Vollendung seines Weges die Kanalöffnung frei macht. Das Umsetzen geschieht durch ein Sperrrad e, mit dessen Achse eine mit Drallzügen versehene Stange f verbunden ist, über die sich der entsprechend ausgebohrte Kolben hinwegschiebt. Die Klinke des Sperrrades wird beim Kolbenrückgange durch einseitige Wirkung der Preßluft auf einen kleinen Kolben angedrückt, beim Kolbenvorgange befindet sich auf beiden Seiten dieses Kolbens Preßluft und das Sperrrad dreht sich unter der Klinke fort. Die Maschine kann mit der Hand in einem Bette g vorgerückt werden, die Schraubenmutter h, in welche die zur Vorrückung dienende Schraubenspindel paßt, befindet sich in einem Ansatze unten am Cylinder.

Bei der Bohrmaschine von Neill (Fig. 60) findet das Umsetzen und Vorrücken in ganz ähnlicher Weise statt, wie bei der Maschine von Schram und Mahler. Eigenartig ist die Steuerung, welche der aus einem schwächeren hinteren und stärkeren vorderen Stücke bestehende Kolben mit Hilfe eines in der Cylinderwandung ausgebohrten Kanales selbst besorgt. Dieser Kanal verbindet den hinteren und vorderen Teil des Cylinders,



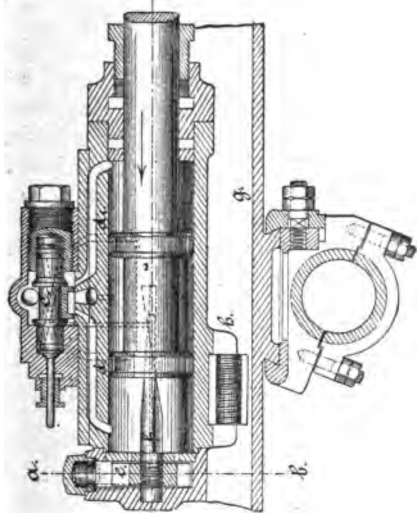


Fig. 58, 59. Bohrmaschine von Schramm und Mahler.

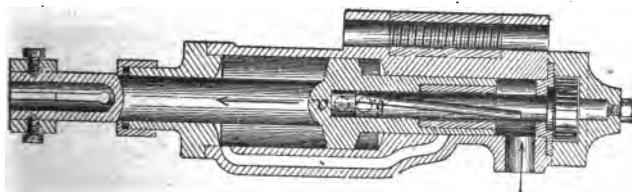


Fig. 60. Bohrmaschine von Neill.

in letzterem befindet sich die Ausblaseöffnung a. Der mittlere Teil des Cylinders steht durch eine kleine Öffnung b immer mit der äußeren Luft in Verbindung. Die hintere Kolbenfläche befindet sich stets unter dem Drucke der Preßluft und der Kolben wird vorgestoßen, bis die Kanalöffnung frei wird; es strömt dann die Preßluft vor den Kolben, drückt auf die große vordere Kolbenfläche und bewirkt den Rückgang des Kolbens. Nach dem Freiwerden der Ausblaseöffnung beginnt wieder die Vorwärtsbewegung.

Drehende mechanische Bohrmaschinen.

Die arbeitenden Werkzeuge bei den drehend wirkenden Bohrmaschinen sind ebenso beschaffen, wie bei dem drehenden Tiefbohren in festem Gestein, es sind Stahlringe, deren arbeitende Fläche mit scharfen keilförmigen Zähnen oder mit Diamanten besetzt ist. Bei Verwendung von Stahlringen mit Zähnen muß ein so bedeutender Druck mit der Bohrkrone ausgeübt werden, daß die Zähne in das Gestein hineingedrückt werden, um dann bei ihrer Drehung Gesteinsstücke abzuscheren. Die Diamantbohrkronen wirken schleifend.

Maschinen der ersten Art sind diejenigen von Brandt und von Jarolimek.

Die Maschine von Brandt wird durch Druckwasser von sehr hoher Spannung — bis 120 Atmosphären — betrieben. Eine Wassersäulen-Zwillings-Maschine setzt eine Schnecke und ein Schneckenrad in Umdrehung, letzteres nimmt den Führungscylinder mit. In diesem ist die hohle Bohrspindel mit Feder und Nut geführt, so daß sie sich zwar mitdreht, dabei jedoch durch das Druckwasser vorgeschoben und gegen das Bohrort gepreßt werden kann. In der Bohrspindel sammeln sich die Bohrkerne, zu gleicher Zeit wird Spülwasser zur Beseitigung des Bohrschmandes zugeführt. Die Maschine ist auf einer Spannsäule befestigt, deren Mönchskolben durch das Druckwasser bewegt werden kann.

Die Maschine von Jarolimek kann für den Betrieb durch Druckwasser, Dampf oder Preßluft verwendet werden. Die Drehung der Bohrkrone geschieht in derselben Weise, wie bei der Brandt'schen Maschine durch Schnecke und Schneckenrad. Das Vorrücken wird dadurch bewirkt, daß das Bohrrohr als Schraubenspindel gearbeitet ist und daß eine zu demselben passende Schraubenmutter in beliebig geringere Umdrehungsgeschwindigkeit versetzt werden kann als die Bohrspindel; hierdurch schiebt sich die letztere bei jeder Umdrehung ein wenig in der Mutter vor.

Unter den drehend wirkenden Bohrmaschinen, welche mit Diamantkronen arbeiten, dürfte die Diamantbohrmaschine mit elektrischem Antriebe*) besondere Beachtung verdienen, namentlich wegen der außerordentlichen Einfachheit ihrer Bauart. Das Bohrrohr wird durch eine Sekundär-Dynamomaschine, welche fahrbar eingerichtet ist, mittels einer Welle und Hook'scher Gelenke in schnelle Umdrehung gesetzt. Mit Hilfe einer Wasserkammer wird in das Innere des Bohrrohres Spülwasser zugeführt. Der Vorschub geschieht von Hand durch Kurbel und Vorgelege an einer Schraubenspindel entlang; die Dynamomaschine wird hierbei einfach nachgezogen. Die Aufstellung der Bohrmaschine erfolgt an einer leichten Spannsäule, auch wird das vordere Ende der Maschine noch besonders durch ein leichtes verstellbares Bein unterstützt. Am günstigsten waren die Leistungen der Maschine in Gesteinen mittlerer Härte, wie Gneis, Porphyr, Granit.

Die Anwendung der Gesteinsbohrmaschinen.

Im allgemeinen ist der Bohrmaschinenbetrieb für gleichbleibende Gesteinsverhältnisse am geeignetsten. Wenig günstig für Maschinenbetrieb sind namentlich Gesteine,

*) M. Georgi. Die Diamantbohrmaschine mit elektrischem Antriebe am Kgl. Steinkohlenwerke zu Zauckeroda. Jahrbuch f. d. Bg.- u. H. W. im Kgr. Sachsen 1890.

wie manche Conglomerate, welche neben weichen Gemengteilen auch sehr harte in unregelmäßiger Verteilung enthalten. Ferner wird sich, wegen des immerhin beträchtlichen Kapitalaufwandes, die Anschaffung einer Bohrmaschinen-Anlage nur für solche Fälle eignen, in denen fortgesetzt bedeutende Längen aufzufahren sind. Im Durchschnitte dürften sich die Kosten für 1 *m* Ortsauffahrung beim Maschinenbohren eben so hoch belaufen, wie beim Handbetriebe, doch stellt sich die Leistung bei der Maschinenarbeit weit höher, so daß der wesentlichste Vorteil der Bohrmaschinenbetriebe in der Zeitersparnis liegt. Selbst in harten Gesteinen kann täglich 1 *m* Ort aufgefahren werden. Das gute Ineinandergreifen der einzelnen Arbeiten ist gerade beim Bohrmaschinenbetriebe sehr wesentlich.

2. Die Spreng- und Zündmittel.*)

Die Sprengmittel sind feste oder flüssige chemische Verbindungen, deren Bestandteile sich durch Entzündung und Verbrennung mehr oder weniger plötzlich in gasförmige Verbindungen, Sprenggase, umsetzen. Die Spannung der Sprenggase bildet die Sprengkraft, sie überwindet die Cohäsion des Gesteins. Die Entzündung der Sprengmittel im Bohrloche erfolgt durch die Zündmittel. Verbrennung ist die Verbindung eines Körpers mit Sauerstoff unter Feuererscheinung; Explosion ist plötzliche Verbrennung und infolge davon plötzliche Bildung hochgespannter Gase. Die letzteren sind Kohlensäure und Wasserdampf, bei unvollständiger Verbrennung wegen Mangels an Sauerstoff bildet sich auch Kohlenoxydgas, das schon in geringen Mengen giftig ist. Dasjenige Sprengmittel ist das stärkste, welches aus dem kleinsten Volumen in der kürzesten Zeit die größte Gasmenge bei Entwickelung der höchsten Temperatur erzeugt.

*) M. Georgi. Die theoretische Bewertung und praktische Untersuchung der Sprengstoffe. Jahrbuch f. d. Berg- und Hüttenwesen im Kgr. Sachsen 1887. I.

Man teilt die Sprengmittel in brisante z. B. die Dynamite und in weniger brisante z. B. das Schwarzpulver ein; die Wirkung der ersteren gleicht infolge der plötzlichen Gasentwickelung einem heftigen Schlage, die der zweiten Gruppe einem allmählich sich vergrößernden Drucke. Belehrend ist in dieser Hinsicht das Aussehen der sogen. Bohrlochpfeifen in festen Gesteinen. Bei Dynamitschüssen ist das Bohrloch durch Zertrümmerung des Gesteines, welches die Ladung umgab, sackartig erweitert, bei Pulverschüssen bleiben die Wandungen des Bohrloches unverändert.

Ferner unterscheidet man langflammige und kurzflammige Sprengmittel, je nachdem bei ihrer Explosion mehr oder weniger Flammenentwickelung stattfindet. Namentlich für Kohlengruben ist dieses Verhalten sehr zu beachten, da durch die Schußflamme Schlagwetter und Kohlenstaub zur Entzündung gebracht werden können.

Über die Sprengkraft verschiedener Sprengstoffe lassen sich vergleichende Versuche anstellen. Für weniger brisante Sprengmittel dient der Guttmann'sche Kraftmesser, derselbe ist so eingerichtet, daß infolge der Explosion abgewogener Sprengstoffmengen in einem Stahlmörser Bleicylinder mehr oder weniger durch einen engen cylindrischen Canal hindurchgedrückt werden. Für brisante Sprengmittel ist die Trauzl'sche Ausbauchprobe am geeignetsten. Die Stärke eines Sprengstoffes wird hierbei gemessen durch die Größe des Hohlraumes, den eine im Inneren eines starkwandigen Bleicylinders hervorgebrachte Explosion erzeugt.

Endlich kann man durch vergleichende Sprengversuche vor denselben Betrieben feststellen, welcher Sprengstoff den besonderen Anforderungen am besten entspricht. (Billigkeit, Schnelligkeit der Arbeit, Stückkohlenfall u. s. w.) Die brisanten Sprengstoffe zerreißen die Stöße oft derart, daß sich nur dieserhalb Verwendung von Ausbau nötig macht, man schießt daher mit ihnen oft nur den Einbruch und führt die Stöße mit weniger brisanten Stoffen zu.

Für das Gebahren mit Sprengstoffen bestehen in allen Ländern gesetzliche Bestimmungen, welchen auf das Gewissenhafteste nachzugehen ist, da Zuwiderhandlungen mit strengen Strafen geahndet werden. Im besonderen ist es den Bergarbeitern nicht gestattet, Sprengstoffe oder Zündmittel von den Gruben mitzunehmen. Auch sind bezüglich der Schießarbeit zahlreiche bergpolizeiliche Bestimmungen zu beachten, dieselben beziehen sich auf die Anschaffung der Sprengmittel, die Fortschaffung und Aufbewahrung unter Tage sowie auf die Verausgabung an die Arbeiter und die Verwendung.

Das **Sprengpulver** besteht aus einem Gemenge von etwa 70 Gewichtsteilen Kalisalpeter, 14 Schwefel und 16 Holzkohle. Es kommt entweder als gekörntes oder als gepreßtes, comprimiertes Pulver in den Handel. Letzteres bildet Cylinder von etwa 4 *cm* Länge und je nach dem Bohrlochdurchmesser 18—33 *mm* Dicke, mit einem Zündkanal in der Achse; es wirkt etwas stärker als das gekörnte.

Die Entzündung der Pulverladung eines Bohrloches geschieht entweder mittels Schilfzünder oder Zündschnur. Gekörntes Pulver darf nur in Patronen von gut geleimtem Papier zur Verwendung gelangen. Alles Schwarzpulver ist etwas hygroskopisch und verliert daher, an feuchten Orten aufbewahrt, an Sprengkraft.

Das **Nitroglycerin** oder **Sprengöl** ist durch Nobel 1862 eingeführt worden, es ist eine helle, ölige Flüssigkeit und wird durch Einwirkung von Salpeter- und Schwefelsäure auf Glycerin hergestellt. Da bei seiner Verwendung viel Unglücksfälle vorgekommen sind, veranlaßt durch mangelhafte Beschaffenheit des Sprengöles oder dadurch, daß Sprengölreste in den gewonnenen Massen oder im anstehenden Gestein zurückblieben, so ist sein Gebrauch als Sprengstoff in den meisten europäischen Ländern untersagt. Sehr wichtig ist jedoch die Herstellung der Dynamite aus dem Sprengöl.

Sprengöl brennt, an offenem Feuer entzündet, ruhig ab, zur Explosion kann es nur durch einen heftigen Schlag gebracht werden.

Das Guhrdynamit besteht aus 75% Sprengöl und 25% Kieselguhr (Infusorienerde), es bildet bei Temperaturen von + 8° C und darüber eine graubraune knetbare Masse, sinkt die Temperatur unter + 8° C, so wird das Dynamit hart. In kleinen Mengen, im offenen Feuer entzündet, brennt Dynamit ruhig ab, größere Mengen auf einmal zu verbrennen, ist nicht ratsam, da hierbei eine hohe Temperatur entwickelt wird und leicht Explosionen stattfinden können. Das Wegthun (Entzünden) der Dynamitschüsse erfolgt durch den heftigen Schlag von Zündhütchen mit Knallquecksilbersatz, letztere wiederum werden durch Zündschnur oder elektrisch gezündet. Bei den schwächeren Dynamitsorten, welche weniger Sprengöl enthalten, verwendet man außer den Zündhütchen kleine Zündpatronen eines starken Dynamites mit 75% Nitroglycerin. Je stärker die Zündhütchen sind, desto vollständiger und wirksamer ist die Explosion.

Ein gleiches Gewicht Sprengöl wirkt etwa 13 mal so stark, Guhrdynamit etwa 7 mal so stark als Schwarzpulver.

Guhrdynamit kann kurze Zeit im Wasser liegen, ohne seine Sprengkraft zu verlieren, es eignet sich daher auch für nasse Bohrlöcher; verbleibt jedoch Dynamit längere Zeit im Wasser, so kann eine gefährliche Ausscheidung von Sprengöl eintreten. Dynamit wird in Patronen angeliefert und darf nur in weichem Zustande verwendet werden, hart gewordenes Dynamit ist mittels des Nobel'schen Topfes aufzutauen, derselbe ist ähnlich wie der Leimtopf der Tischler eingerichtet. Einzelne Dynamitpatronen können in den Taschen der Kleidung durch die Körperwärme aufgetaut werden.

Zuweilen zersetzt sich Dynamit während der Lagerung, es scheiden sich Tropfen von Sprengöl aus, auch

entwickeln sich wohl stechend riechende braune Dämpfe. Derartiger Dynamit soll nicht mehr verwendet werden und ist durch Verbrennen der einzelnen Patronen in offenem Feuer zu vernichten.

Die **Schießbaumwolle** wird gewonnen durch Behandlung von Baumwolle mit Salpetersäure und kommt in gepreßten cylindrischen oder prismatischen Patronen in den Handel. Dieselben lassen sich in der Querrichtung (Faserrichtung) leicht zerteilen, dagegen nicht in der Längsrichtung. Schießbaumwolle findet beim Bergbau wenig Anwendung, wird jedoch anderweit, z. B. für militärische Zwecke, viel verwendet; namentlich da sie gegen Kälte unempfindlich ist. Die Entzündung erfolgt durch Knallquecksilber-Zündhütchen mit 1 *g* Füllung unter Anwendung von Zündpatronen von trockener Schießbaumwolle (2—3% Wassergehalt). Letztere haben zur Aufnahme des Zündhütchens eine cylindrische Vertiefung und sind mit einem wasserdichten Überzuge versehen. Die Sprengpatronen können in feuchtem Zustande (15% Wassergehalt) verwendet werden. Schießbaumwolle wird zur Herstellung der folgenden beiden Sprengstoffe benutzt, man nennt beide, da der Aufsaugestoff selbst ein Sprengstoff ist, Dynamite mit activer Basis.

Die **Sprenggelatine** besteht aus 7·5% Schießbaumwolle und Nitroglycerin, ist in Wasser unveränderlich, wird erst bei 0° C hart, und wirkt noch kräftiger als Guhrdynamit; das Ansehen ist gummiartig, ähnlich der Glycerinseife. Sprenggelatine brennt in kleinen Mengen angezündet ruhig ab und wird durch besondere Schlagpatronen und starke Zündhütchen zur Explosion gebracht.

Gelatinedynamit ist ein Gemenge von Schießbaumwolle, Nitroglycerin und Salpeterpulver in verschiedenen Verhältnissen, es ist weniger brisant als Guhrdynamit und Sprenggelatine, deshalb kann im Steinkohlenbergbau mit diesem Sprengstoff ein guter Stückkohlenfall erreicht werden. Sonst verhält es sich ähnlich wie Sprenggelatine, ist jedoch gegen Feuchtigkeit zu schützen, denn die

Patronen platzen, wenn sie feucht werden, auf und schwitzen Nitroglycerin aus.

Wetterdynamit (Grisoutit von le grisou die Schlagwetter) besteht aus Guhrdynamit mit Zusatz eines Salzes von hohem Gehalt an Krystallwasser. Die geeignetsten Salze sind Magnesiumsulfat mit 51% und Natriumcarbonat mit 63% Wassergehalt. Bei der Explosion wird das Krystallwasser in Wasserdampf verwandelt, die Temperatur der Sprenggase erniedrigt, dadurch die Brisanz vermindert und die Flammenbildung beschränkt. Diese Eigenschaften machen das Wetterdynamit für den Steinkohlenbergbau geeignet, denn einerseits wird die Gefahr der Entzündung von Schlagwettern oder Kohlenstaub verringert, andererseits den brisanteren Sprengmitteln gegenüber der Stückkohlenfall vermehrt, dabei ist die Wirkung immer noch 2 bis $2^1/_2$ mal so stark als die des Schwarzpulvers.

Die nachstehende Zusammenstellung giebt eine gute Übersicht über die verschiedenen Dynamite:

Nitroglycerin.

\+ 25% Kieselguhr + 7·5% Schießbaumwolle

Guhrdynamit .... brisant .... Sprenggelatine

\+ Soda + Salpeterpulver

Wetterdynamit .... weniger brisant .... Gelatine-Dynamit.

Hellhoffit ist eine Mischung aus zwei an und für sich ungefährlichen Stoffen, dem Nitrobenzol und concentrierter Salpetersäure; es bildet eine wegen des Säureüberschusses ätzende Flüssigkeit, die durch starke Zündhütchen zur Explosion gebracht wird. Bei dem Gebrauche stellten sich mannigfaltige Übelstände heraus, auch die ursprüngliche Absicht der Erfinder, Nitrobenzol und Salpetersäure jedes getrennt für sich zu versenden, um die Beförderung mit der Bahn zu erleichtern und erst auf den Werken vor dem Gebrauche die Mischung her-

zustellen, ist fallen gelassen worden. Man hat vielmehr aus Helhoffit und Aufsaugestoffen einen neuen Sprengstoff, das **Carbonit** erzeugt. Die Ansichten über seine Eigenschaften und seine Verwendbarkeit sind bis jetzt geteilt.

Roburit besteht aus einer Mischung von Kalisalpeter und Verbindungen der Salpetersäure und des Chlors mit Kohlenwasserstoffen in verschiedenen Verhältnissen. **Securit** ist eine Mischung von Ammoniak- und Kalisalpeter mit Dinitrobenzol, einer Verbindung der Salpetersäure mit Kohlenwasserstoff. Beide genannte Sprengstoffe bilden ein gelbes Pulver, sind etwas hygroskopisch und können nur durch einen sehr heftigen Schlag zur Explosion gebracht werden, die hierzu verwendeten Zündhütchen enthalten daher 1 *g* Knallquecksilber. Sie finden im Steinkohlenbergbau beschränkte Anwendung und sollen einen guten Stückkohlenfall ergeben.

3. Das Laden und Wegthun der Löcher.

Wie in dem vorstehenden Abschnitte bereits erwähnt, sind drei wesentlich verschiedene Arten der Zündung für Sprengschüsse zu erwähnen, nämlich mittels Schilfzünder, mittels Zündschnur und auf elektrischem Wege.

Der Sprengstoff, welcher dazu dient, das Bohrloch zu laden, wird in jedem Falle vor dem Einbringen in das Bohrloch zur Zündung vorbereitet, auf die Ladung wird dann unter sorgfältiger Schonung der Zündung mit Hilfe des Stampfers der Besatz (feuchter und trockener sandfreier Lehm) gebracht. Letzterer dient zum Verschlusse des Bohrloches und soll verhindern, daß die Sprenggase durch das Bohrloch entweichen, geschieht dies dennoch ganz oder zum Teil, so sagt man, der Schuß pfeift aus oder bläst aus; man nennt einen derartigen Schuß auch einen Lochpfeifer. Im allgemeinen ist bei den weniger brisanten Sprengstoffen mehr Sorg-

falt auf den Besatz zu verwenden als bei den brisanten, da bei letzteren ein Auspfeifen weniger nachteilig ist.

Der Stampfer besteht aus hartem Holz, Kupfer oder Messing und ist eine cylindrische Stange, die zur Aufnahme der Räumnadel eine entsprechende Spur hat.

Schilfzünder lassen sich nur für Schwarzpulver verwenden. Man braucht zu dieser Besatzmethode noch die Räumnadel oder Schießnadel, einen vorn zugespitzten Kupfer- oder Messingdraht, am oberen Ende etwa 5 *mm* stark mit angebogenem Öhre. Die Nadel ist etwas länger als das Bohrloch tief ist, wird in die noch offene Pulverpatrone eingeführt und durch Zusammenschnüren des Patronenpapieres mit einem starken Faden in der Patrone festgehalten. Die so vorgerichtete Patrone wird in das Bohrloch gesteckt und zunächst etwas feuchter Lehm mittels des Stampfers als Besatz gut aufgedrückt. Die Räumnadel kommt hierbei am Bohrlochstoß zu liegen. Auf den feuchten Lehm kann unter öfterem Drehen der Nadel trockener eingebracht und mit Hilfe des Fäustels und Stampfers gut festgestampft werden. Ist das ganze Bohrloch mit Besatz gefüllt, so zieht man die Räumnadel vorsichtig heraus und steckt in die so gebildete Zündspur (Zündkanal) ein Schilfröhrchen, welches innen mit Mehlpulver überzogen ist, an das dickere Ende ist zuvor ein Schwefelfaden anzubähen, d. h. das eine Ende des Schwefelfadens wird am Grubenlichte angezündet, sofort wieder gelöscht und mittels des geschmolzenen Schwefels im Schilfzünder festgeklebt. Ist im übrigen alles zum Schießen fertig, so wird der Schwefelfaden, auch Schwefelmännchen genannt, mittels eines anderen angezündet, worauf sich der Häuer schleunigst in Sicherheit bringt. Der angebähte Schwefelfaden soll daher die nötige Länge haben und nach aufwärts gerichtet sein, damit er langsam abbrennt. Das Sprühfeuer des Schilfzünders gelangt durch den Zündkanal zur Pulverladung und bringt sie zur Explosion.

Bei der sogenannten Würth'schen Besatzmethode wird in gleicher Weise wie vorstehend beschrieben verfahren, doch kommen Räumnadeln aus weichem Eisen zur Anwendung, über dieselben wird, um das Funkenreißen am Gestein zu verhüten, ein Schilfröhrchen gesteckt.

Die Zündschnur, auch Sicherheitszünder genannt, besteht aus einem Hanfgeflecht, welches eine Pulverseele umschließt, für nasse Löcher werden auch Zündschnüre mit wasserdichtem Überzuge, gewöhnlich Guttapercha, angewendet. Beim Laden von Pulverlöchern mittels Zündschnur wird ganz ähnlich wie beim Gebrauch der Schilfzünder verfahren, nur wird ein entsprechend langes Stück Zündschnur in der Pulverladung befestigt. Bei Verwendung von gepreßtem Pulver steckt man die Zündschnur durch den Zündkanal und macht unter den Zündkörpern einen Knoten, dann schneidet man wohl am Knoten die Zündschnur bis auf die Pulverseele auf. Beim Aufbringen des Besatzes ist darauf zu achten, daß die Zündschnur gerade straff gehalten wird, damit sie einerseits nicht aus der Pulverpatrone herausgezogen, andererseits aber auch nicht durch den Stampfer erfaßt und verletzt wird. Der Schwefelfaden wird in das obere aufgeschnittene Ende der Zündschnur so eingebäht, daß er mit der Pulverseele in Berührung kommt.

Beim Wegthun von Schüssen mit brisantem Sprengstoff wird das untere Ende der Zündschnur in ein Zündhütchen mit Knallquecksilbersatz hineingeschoben und das Hütchen mittels einer Zange an die Zündschnur fest angekniffen. Das Zündhütchen wird dann in die oberste Patrone hineingedrückt. Beim Besetzen sind nur leichte Schläge zu führen, da durch heftige Schläge das Knallquecksilber sich entzünden könnte. Werden mehrere Patronen für eine Ladung verwendet, so ist von der Papierhülle so viel an den Enden der Patronen zu entfernen, daß der Sprengstoff der einzelnen Patronen in gegenseitiger Berührung steht, da nur in diesem Falle die

Explosion aller Patronen gesichert ist. Gebraucht man diese Vorsicht nicht, so kann leicht eine Patrone sitzen bleiben und zu Gefahren Veranlassung geben, sei es, daß sie unter die Schußmassen gerät oder in einer Pfeife stecken bleibt.

Zur elektrischen Zündung braucht man eine Zündmaschine, die elektrische Leitung und den Zünder. Die im Bergbau angewendeten Zündmaschinen beruhen fast alle auf der Entwickelung von Reibungs-Elektricität. Als Beispiel sei die Zündmaschine von Bornhardt*) (Fig. 61) näher erläutert. Die Maschine

Fig. 61. Zündmaschine von Bornhardt.

enthält, zunächst von einem Metallkasten, dann von einem starken Holzkasten umschlossen, eine Hartgummischeibe a nebst Reibzeug b; die schnelle Umdrehung der Scheibe kann mittels Kurbel und Vorgelege erfolgen. Der Saugapparat c führt die entwickelte negative Elektricität zur inneren Belegung einer Leydener Flasche d, während die gleichzeitig gebildete positive Elektricität an die metallenen Innenwände des gutschließenden Kastens abgegeben wird, die mit der äußeren Belegung der

*) A. Bornhardt, die elektrische Minenzündung. 1890.

Leydener Flasche in Verbindung stehen. In einem nur durch einfachen Klappdeckel geschlossenen und daher von außen bequem zugänglichen Teile des Kastens befinden sich zwei Metall-Ösen, e und e_1, die untere steht jederzeit in leitender Verbindung mit der äußeren Belegung der Flasche. Die obere Öse ist für gewöhnlich durch untergelegte Hartgummischeiben isoliert, doch steht sie mittels einer metallenen Spiralfeder mit der Kugel des Entladers f in Verbindung. Letzterer kann durch einen Druck auf den über der unteren Öse befindlichen Knopf mit der inneren Belegung der Leydener Flasche in Berührung gebracht werden. Verbindet man nun beide Ösen durch eine metallische Leitung, ladet die Maschine durch einige schnelle Umdrehungen der Kurbel und drückt dann auf den Knopf, so wird die Leitung von einem kräftigen elektrischen Strome durchströmt. Befinden sich in der Leitung kleine Unterbrechungen, so springt an einer jeden solchen Stelle ein elektrischer Funke über. Zur Prüfung des guten Zustandes der Maschine sind in der Seitenwand neben den Ösen eine Anzahl Metallstifte in kleinen Abständen angebracht, von denen der oberste durch eine kleine Kette mit der oberen, der unterste in gleicher Weise mit der unteren Öse verbunden werden kann. Wenn die Maschine geladen und ohne Einschaltung einer Zündleitung entladen wird, soll der elektrische Funke die Zwischenräume zwischen den Metallstiften (die Funkenskala) überspringen.

Die elektrische Leitung besteht aus Kupferdraht, die Hinleitung, welche übrigens an die obere Öse anzuschließen ist, soll isoliert sein, es wird daher Kupferdraht mit Kautschuk-Überzug verwendet; die Rückleitung kann aus blankem Draht bestehen. Besondere Sorgfalt ist auf die sicher leitende Berührung der Drahtenden an den Verbindungsstellen zu verwenden.

Die elektrischen Zünder bestehen aus zwei gegeneinander gut isolierten Kupferdrähten, zwischen deren Enden ein kleiner Zwischenraum vorhanden ist. Die Unter-

brechungsstelle befindet sich im oberen Teile eines Kupferhütchens und ist mit einem leicht entzündlichen Satze, z. B. einer Mischung von chlorsaurem Kali und Schwefelantimon, umgeben. Der untere Teil des Hütchens ist mit dem Knallsatze gefüllt. Springt ein elektrischer Funke an der Unterbrechungsstelle über, so entzündet sich zunächst der Satz, und bewirkt dann die Explosion des Knallsatzes und des brisanten Sprengmittels. Die Zünder für Pulverladung sind etwas einfacher eingerichtet.

Soll ein Schuß mittels Elektricität gezündet werden, so wird beim Laden des Loches der elektrische Zünder in die oberste Patrone eingeführt und gut befestigt. Dann wird der Besatz aufgebracht; die aus dem Loche herausragenden beiden Drahtenden des Zünders werden mit den Leitungsdrähten verbunden und das Ort im übrigen zum Schießen fertig gemacht. Zuletzt werden die Leitungsdrähte in die Ösen der Maschine eingehängt, die Kurbel wird gedreht, und bei dem Drucke auf den Knopf fällt auch der Schuß. Die Kurbel ist dann von der Maschine abzuziehen und die Drähte sind auszuhängen.

Sollen mehrere Schüsse zu gleicher Zeit gezündet werden, wie bei Ortsbetrieben oder Schachtabteufen, so werden die einzelnen Zünder der Reihe nach in die Leitung eingeschaltet, hierbei ist besonders darauf zu achten, daß kein Nebenschluß durch gegenseitige Berührung der Verbindungsdrähte entsteht, da sonst beim Zünden ein Teil der Schüsse versagt.

Die elektrische Zündung hat bei sorgfältiger Ausführung durch geübte Leute die Vorteile, daß man eine größere Anzahl Schüsse aus bedeutender Entfernung sicher zünden kann, Nachschüsse, die bei Verwendung von Zündschnur durch unregelmäßigen Brand der Pulverseele eintreten können, ganz ausgeschlossen und zugleich Versager selten sind. In Schlagwettergruben kommt hierzu noch, daß das Sprühfeuer der Zündschnur fortfällt. Andererseits ist aber das Überspringen starker Funken bei Gegenwart von Schlagwettern oder Kohlenstaub durch

Überstreifen von Stücken Gummischlauch über die blanken Verbindungsstellen der Leitung und durch Anwendung von Drähten mit Gummiüberzug sorgfältig zu vermeiden.

Die Ausführung der Schießarbeit.

Das Ansetzen der Bohrlöcher nach Richtung und Tiefe hängt von der Lage der freien Gesteinsflächen sowie von etwa vorhandenen Klüften, von der Schichtung und dergl. ab. Den geradlinigen Abstand des Bohrlochstiefsten von der freien Gesteinsoberfläche nennt man die Vorgabe. Es gilt als allgemeine Regel, daß die Bohrlochtiefe größer sein soll als die Vorgabe. Wird diese Regel nicht beachtet, so pfeifen die Schüsse leicht aus, da die Sprenggase naturgemäß den schwächsten Widerstand, in diesem Falle den des Besatzes und nicht den der Gesteinsspannung, am schnellsten überwinden. Beim Betriebe von Örtern und Schachtabteufen schießt man, glatten Stoß vorausgesetzt, zunächst Einbruch in der Mitte des Stoßes und nimmt dem übrigen Gesteine damit einen großen Teil seiner natürlichen Spannung. Vor Örtern wird dann gewöhnlich der Oberhang (die Masse über dem Einbruch), dann die Strosse oder Bank (die Masse unter dem Einbruch) hereingeschossen; zuletzt werden die Stöße allseitig zugeführt, indem etwaige Hervorragungen nachgenommen werden. Die Größe der Sprengladung läßt sich für ein bestimmtes Gestein nur durch Erfahrung feststellen.

Die Spreng- und Zündmittel werden vom Vormanne der Kameradschaft in besonderen Abteilungen einer verschlossenen Schießkiste aufbewahrt. Soll geschossen werden, so sind die in der Nähe befindlichen Arbeiter davon zu benachrichtigen, auch sind die Zugänge zu dem betreffenden Betriebe durch die Belegschaft zu besetzen oder durch eingelegte Spreizen zu sperren.

Versagt ein Schuß, (kommt der Schuß nicht) so ist, falls mit Schilfzünder oder Zündschnur gezündet wurde, geraume Zeit zu warten, ehe man sich zur Untersuchung

vor das Ort begiebt, da durch langsames Fortglimmen der Zündung Nachschüsse eintreten können. Bei Zündung mit Schilfzünder kann der alte entfernt, die Zündspur mit der Räumnadel untersucht und ein neuer Zünder nebst Schwefelfaden eingebracht werden. Bei Zündschnur ist darauf zu achten, ob dieselbe Feuer gefangen hat, bei elektrischem Zünder kann nach Durchsicht der Leitung nochmalige Zündung mit der Maschine versucht werden. Nie ist ein geladenes Loch auszubohren, da man hierbei Gefahr läuft, daß sich die Ladung während dieser Arbeit entzündet. Beim Untersuchen eines Versagers ist auch darauf zu achten, ob sich etwa die Sprenggase auf Klüften oder durch Drusen einen Ausweg geschaffen haben.

Die Beseitigung einer sitzen gebliebenen Sprengladung erfolgt am sichersten dadurch, daß man in einiger Entfernung ein neues Loch bohrt, dieses ladet und das alte mit wegschießt. Die gewonnenen Massen sind dann vor dem Wegfüllen sorgfältig auf Sprengstoffreste zu untersuchen.

Die Sprengarbeit in Steinkohlengruben.

Da in Steinkohlengruben mehrfach durch Sprengschüsse Schlagwetter oder Kohlenstaub entzündet wurden, sei es durch das Sprühfeuer der Zündschnur, sei es durch die Explosionsflamme zeitig werfender Schüsse, so ist die Sprengarbeit in Steinkohlengruben nur unter besonderen Vorsichtsmaßregeln statthaft. Dahin gehören: Anwendung elektrischer Zündung und kurzflammiger Sprengmittel, Vermeidung des Überladens der Sprenglöcher, Wasserbesatz, genaue Untersuchung des Ortes auf das Vorhandensein von Schlagwettern,*) Entfernung des Kohlenstaubes durch reichliches Sprengen von Wasser.

Das Sprühfeuer der Zündschnur kann durch die Lauer'schen Frictionszünder vermieden werden.

*) Vgl. den Abschnitt Wetterlehre.

Diese werden wie die elektrischen Zünder in der Sprengladung angebracht und sind außer dem Knallquecksilbersatze mit einem Zündsatze gefüllt, der lediglich durch Reibung sich entzündet. Durch den Besatz geht, von der Zünderröhre geschützt und geführt, ein Abzugsdraht hindurch, an diesem wird eine Schnur befestigt und durch einen kräftigen Zug aus genügender Entfernung das Reibzeug in Thätigkeit gesetzt. Sollen mehrere Schüsse zu gleicher Zeit mittels Lauer'scher Reibungszünder weggethan werden, so werden die Abzugsschnüre gleichmäßig gespannt und an einer Hauptschnur vereinigt.

Trotz aller Vorsicht sind jedoch immer wieder durch die Schießarbeit Entzündungen, sei es von Schlagwettern, sei es von Kohlenstaub, veranlaßt worden. Man ist daher bestrebt gewesen, die Schießarbeit durch kräftig gebaute Vorrichtungen zum Hereintreiben, sogenannte Keil- oder Brechapparate, zu ersetzen, ohne daß dies bisher in ausreichender Weise gelungen wäre. Mittels dieser Apparate — Bosseyeuse von Dubois und François, Demanet'scher Federkeil, Walchers Kohlenbrechapparat u. s. w. — wird ein weites Bohrloch hergestellt, in dasselbe werden keilförmige Legeeisen gebracht und diese dann durch das Eintreiben von Keilen, zum Teil mittels hydraulischer Pressen, auseinandergetrieben.*)

6. Das Feuersetzen.

Das Feuersetzen ist eine veraltete Gewinnungsarbeit, bei welcher das Gestein durch die ausdehnende Kraft der Wärme und die darauffolgende Abkühlung und Zusammenziehung zerklüftet wird; die eigentliche Gewin-

*) Eine Zusammenstellung der wichtigeren diesbezüglichen Vorschläge findet sich in der Österr. Ztschr. 1888, S. 51 ff. Joh. Mayer. Bewerbungen um den 1000 Ducatenpreis der Ostrau-Karwiner Gewerken für die Erfindung eines die Sprengarbeit in Schlagwettergruben ersetzenden oder dieselbe ungefährlich machenden Mittels.

nung findet hierauf durch Hereintreibearbeit statt. Da, wo Holz sehr billig ist, z. B. in einigen Gegenden Skandinaviens, wird das Feuersetzen zur Gewinnung sehr harter und zäher Gesteine auch jetzt noch angewendet. Es werden an den betreffenden Arbeitspunkten gedarrte Holzscheite zu Stößen aufgeschichtet und nach dem Ausfahren der Belegschaft durch die Feuermänner in Brand gesetzt; letztere beginnen wegen der Entwickelung der Verbrennungsgase mit dem Anzünden in der Nähe des ausziehenden Schachtes und fahren damit fort, indem sie den frischen Wettern entgegenfahren.

7. Arbeit unter Zuhilfenahme von Wasser.

Das Wasser wird nur in besonderen Fällen zur Gewinnung verwendet.

Beim Salzbergbau wird die auflösende Wirkung des Wassers benützt, indem man Sole (Salzlösung) erzeugt, die dann auf Salz versotten wird. Mittels Tiefbohrlöcher hat man auf diese Weise die Salzgewinnung betrieben. (Vgl. auch den Abschn. Sinkwerksbau S. 123.)

In reinem Steinsalz hat man beim Grubenbetriebe versucht, statt durch Keilhauenarbeit mittels feiner Wasserstrahlen Schram und Schlitz herzustellen.

Bei der Gewinnung von Seifen werden Strahlen von Druckwasser zum Unterschrämen der Abbaustöße und zum Fortschlämmen der hereingebrochenen Massen bis in die Aufbereitungsanstalten verwendet; das Wasser wirkt hierbei fortschaffend.

IV. Die Grubenbaue.

Die Grubenbaue, auch bergmännische Baue genannt, haben den Endzweck, die Lagerstätten abzubauen; liegen diese an oder nahe der Erdoberfläche, so wird Tagebau betrieben, liegen sie tiefer, so wird zum unterirdischen Betriebe, dem Grubenbau, übergegangen.

Die Grubenbaue werden eingeteilt in solche zur Ausrichtung, zur Vorrichtung und zum Abbau der Lagerstätten; von diesen verschieden sind die Hilfsbaue, welche nicht unmittelbar der Gewinnung nutzbarer Mineralien dienen, sondern der Aufstellung von Maschinen, der Zu- und Abführung der Aufschlagwasser, der Gewinnung von Bergen zum Versatze u. s. w. Die Ausrichtungsbaue haben den Zweck, die Lagerstätte überhaupt zugänglich zu machen, mittels der Ausrichtungsbaue gelangt man bis an die Lagerstätte; dann folgen die Vorrichtungsbaue, durch welche die Lagerstätte in Abschnitte geteilt wird, wie dieselben für den Abbau, d. h. für die Gewinnung, geeignet sind.

1. Die Ausrichtungsbaue.

Die Ausrichtung einer Lagerstätte erfolgt durch Stölln*) oder Schächte, mittels der letzteren wird die Lagerstätte durchteuft und unter Umständen in verschiedenen Sohlen mittels Querschläge angefahren. Baut eine Grube nur über dem Stolln, so spricht man von Stollnbau, ist die Ausrichtung der Lagerstätte unter Stolln durch Schächte erfolgt, so spricht man von Tiefbau.

Die Querschläge gehören zu den Strecken, letztere sollen daher, trotzdem sie in der Hauptsache zu den Vorrichtungsbauen gehören, in diesem Abschnitte mit behandelt werden.

*) Neben Stolln schreibt man auch Stollen.

Neben der Ausrichtung der Lagerstätten selbst ist auch die Ausrichtung verworfener Teile einer Lagerstätte von Wichtigkeit. (vgl. Abschn. Störungen der Lagerstätten.)

Die Stölln.

Der Stolln ist ein bergmännischer Bau, welcher vom Tage her mit wenig Ansteigen in das Gebirge getrieben worden ist. Die Tageöffnung des Stollns nennt man sein Mundloch. In Stölln (und Strecken) bezeichnet das Ort die Gesteinswand am Ende der Strecke, die Firste, auch Förste, ist das über, die Sohle oder Strosse das unter dem Stolln befindliche Gestein; die seitlichen Gesteinsflächen nennt man Wandungen, Ulmen, oder Stöße. Man unterscheidet z. B. den nördlichen oder südlichen Stoß, oder falls die Strecke im Streichen einer Lagerstätte getrieben ist, den hangenden, den liegenden Stoß. Der Querschnitt der neueren Stölln ist wie bei den Strecken im Mittel 2·5 *m* hoch und 1·6 *m* breit bei eintrümiger, 2·3 *m* bei zweitrümiger Förderung. Der untere Teil des Stollnquerschnittes, welcher das Wasser aufnimmt, ist die Wassersaige a; Tragewerk b nennt man die aus Stegen und Pfosten hergestellte Fahrbahn, die Stege dienen zu gleicher Zeit zur Befestigung der Schienen für etwaige Förderung. (Fig. 62.) Der Querschnitt der Wassersaige ist nach der Menge des abzuführenden Wassers zu bemessen; über dem Tragewerk braucht man zum Fahren 2·0 *m* Höhe. Es kommt auch vor, daß in Stölln mit tiefer Wassersaige das Tragewerk in Wegfall kommt und Fahrung und Förderung mittels Kähne stattfindet.

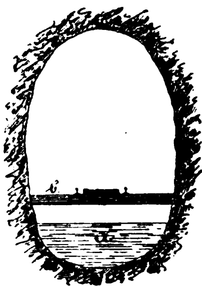


Fig. 62. Stollnquerschnitt.

Der Graben, welcher vom Stollnmundloch das Wasser in's Thal führt, heißt die Stollnrösche.

Im Gegensatze zu demjenigen Teile des Stollns, dem Hauptstolln, welcher von Tage thunlichst in gerader Richtung bis zur Lagerstätte führt, heißen Abzweigungen nach seitlich gelegenen Gruben oder Lagerstätten Flügelörter, sie werden etwas über der Stollnsohle, d. h. mit Gesprenge angesetzt, damit das Wasser im Hauptstolln den Abfluß des Wassers aus dem Flügelorte nicht hindert.

Neben der Ausrichtung und etwa weiteren Untersuchung der Lagerstätte haben die Stölln gewöhnlich auch den Zweck der Wasserhaltung und Wetterführung, auch dienen sie, wie schon bemerkt, zur Fahrung und Förderung. Was die Wasserhaltung betrifft, so fließen einerseits die sämtlichen Wasser, welche den Bauen über der Stollnsohle zugehen, auf dem Stolln ab, andererseits braucht man die Wasser aus den Tiefbauen statt bis zu Tage, nur bis auf den Stolln zu heben.

Die Stölln sind namentlich in gebirgigen Gegenden, wo sie in großen Teufen einkommen und im besonderen in Erzrevieren von Wichtigkeit. Die Aufschlagwasser können unter Umständen von Tage bis auf den Stolln verfällt und es kann hierdurch bedeutend an Gefällhöhe gewonnen werden. So spielt denn auch die Ausnutzung der Wasserkräfte und damit die Ersparung von teurem Brennmaterial fast in allen Erzrevieren eine bedeutende Rolle im Grubenhaushalte, und es kommt häufig der Fall vor, daß mit derselben Wassermenge mehrere über dem Stolln, jedoch untereinander eingebaute Maschinen (Wasserräder, Wassersäulenmaschinen, Turbinen), betrieben werden.

Röschen sind bergmännische Baue vom Querschnitte der Strecken, sie stehen mit dem Tage in Verbindung wie die Stölln und haben den Zweck, die Aufschlagwasser fortzuführen. Durch die Aufschlagröschen werden die Kraftwasser unterirdisch eingebauten Maschinen zu-

geführt, durch die Abzugsröschen gelangen diese Wasser nach ihrer Benutzung wieder zu Tage. Ferner giebt es auch Röschen, die in so fern mit den Tunneln Ähnlichkeit haben, als sie das Wasser durch den Berg hindurch führen, sie haben also zwei Mundlöcher, oberes und unteres Röschenmundloch, und stellen die Verbindung zwischen offenen Wassergräben her.

Regeln für die Anlage eines Stollns. Bei jeder Stollnanlage sind von größter Wichtigkeit die Wahl des Ansatzpunktes, die Richtung und das Ansteigen des Stollns. Der Ansatzpunkt ist möglichst



Fig. 63.

tief zu wählen, damit man beim Anfahren der Lagerstätte ein großes Abbaufeld über der Stollnsohle hat, jedoch ist derselbe so hoch über der Thalsohle an das Gehänge zu legen, daß genügender Haldensturz vorhanden ist und bei etwaigem Hochwasser das Stollnwasser nicht zurückstaut. (Fig. 63.) Ferner ist auf die Anlage von An- und Abfuhrwegen Rücksicht zu nehmen. Im allgemeinen wird der Stolln, wenn man den Ansatzpunkt tiefer legt, länger und dadurch teurer, auch nimmt die Ausführung eines längeren Stollns mehr Zeit in Anspruch.

Die Richtung betreffend ist zu bemerken: streicht die Lagerstätte am Gehänge aus, so treibt man den

Stolln im Streichen derselben, im anderen Falle rechtwinklig zum Streichen der Lagerstätte. Festes Gestein ist für die spätere Unterhaltung des Stollns von günstigem Einfluß. Teile, welche in nicht standfestem oder wasserdurchlässigem Gebirge aufgefahren sind, müssen durch Ausbau (s. Abschn. V) sicher gestellt oder verumbrucht (durch einen Umbruch ersetzt) werden. Stollnumbruch ist ein nachträglich mit Umgehung gewisser Gebirgsglieder aufgefahrener Teil des Stollns, durch welchen man einen früher aufgefahrenen, aber seinem Zwecke nicht entsprechenden Teil ersetzt.

Das Ansteigen der Stollnsohle richtet sich nach der Beschaffenheit des Wassers und ist bei gegebenem Querschnitte der Wassersaige auch von der Wassermenge abhängig, denn bei größerer Neigung kann durch einen bestimmten Querschnitt in derselben Zeit eine größere Wassermenge zum Abfluß gelangen; je schlammiger das Wasser ist, desto mehr Ansteigen muß gegeben werden, um ein Verschlämmen zu verhüten, doch ist in Rücksicht zu ziehen, daß man bei stärkerem Ansteigen an Abbauhöhe verliert. Ältere Stölln haben ein Ansteigen von 1 : 500, neuere und namentlich größere Stollnanlagen werden mit einem Ansteigen von 1 : 1000 bis 1 : 3000 ausgeführt.

Betrieb der Stölln. Kürzere Stölln werden gewöhnlich nur vom Mundloche aus betrieben, bei größeren Stölln würde ein derartiger Betrieb zu viel Zeit in Anspruch nehmen; man vermehrt daher die Zahl der Arbeitspunkte, indem man von vorhandenen Schächten oder von eigens zu diesem Zwecke geteuften Lichtlöchern aus Ort und Gegenort in Schlag nimmt (Fig. 64, 65). Gegenort nennt man ein Ort, welches mit einem anderen durchschlagen (zusammentreffen) soll. Ein Lichtloch ist ein Richtschacht von kleinen Abmessungen, welcher etwas seitlich von der Stollnlinie abgeteuft wird. Derartigen größeren Stollnbetrieben müssen sehr genaue Vermessungsarbeiten vorhergehen, um den richtigen Durchschlag

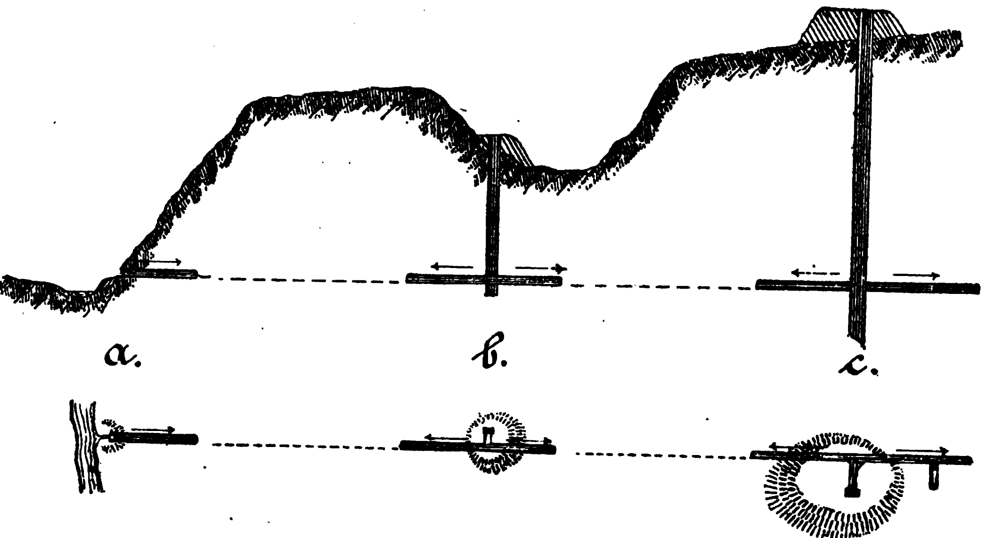


Fig. 64, 65.
Betrieb eines Stolln's. a Mundloch, b Lichtloch, c Schacht.

der Örter und Gegenörter namentlich auch bezüglich der Sohlen zu gewährleisten. Zur Prüfung der Richtung jedes Ortes werden vom Markscheider 2 Lote, die sogen. Lehre, gehängt, die richtige Neigung der Sohle wird mittels langer Setzlatte und Setzwage oder durch Nivellieren geprüft. Die Gegenörter sind naturgemäß mit entsprechendem Einfallen zu treiben; falls mit denselben Wasser erschroten wird, ist das Tragewerk hoch zu legen und das Wasser durch Schöpfen über Dämme zu beseitigen.

Beispiel. Der Rothschönberger Stolln bringt in den Hauptschächten des Freiberger Reviers 230—280 *m* Teufe unter Tage und 100—150 *m* unter den früher tiefsten Stölln ein, er hat von dem im Triebischthale 12 *km* oberhalb Meißen bei Rothschönberg gelegenen Mundloche bis zum Verstufungspunkte (Grenze zwischen Hauptstolln und Revierstolln) 20 *m* südlich vom Halsbrückner Spat eine Länge von 13901 *m*. Der Stolln ist vom Mundloche und 8 Lichtlöchern aus im ganzen mit 17 Örtern und Gegenörtern betrieben worden und hat auf dem Hauptstolln 3·0 × 2·5 *m*, auf den Stollnflügeln 3·0 × 1·5 *m* Querschnitt. Das Ansteigen beträgt im Hauptstolln 1 : 3000, in den Stollnflügeln, die mit 1·0 *m* Gesprenge angesetzt sind, 1 : 1000. Der Betrieb des Hauptstollns währte von 1844—1877 und kostete 7200000 Mk. Die Flügelörter des Rothschönberger Stollns im Revier haben jetzt mehr als 40000 *m* Länge. Ein Teil des Hauptstollns ist zur Kahnfahrung eingerichtet.

Die Schächte.

Ein Schacht ist ein bergmännischer Bau von regelmäßigem Querschnitt, dessen Richtung sich der lotrechten nähert. Namentlich in ebener Gegend sind Schächte zur Ausrichtung von Lagerstätten unentbehrlich, im übrigen werden sie angelegt zur Eröffnung der Tiefbaue unter der Stollnsohle.

Die Schächte dienen zur Förderung, einschließlich des Hängens von Materialien und Gezähe, zur Fahrung, Wasserhaltung und Wetterführung. In den meisten Ländern ist für jedes Werk (namentlich Kohlenwerk) die Anlegung von mindestens zwei Schächten und deren alsbaldige Verbindung untereinander und mit den verschiedenen Bausohlen vorgeschrieben, einerseits um einen regelmäßigen Wetterwechsel zu gewährleisten, andererseits um für den Fall, daß einer der Schächte unfahrbar wird, eine zweite Verbindung mit der Oberfläche (einen Fluchtweg) zu haben. Dient ein Schacht allen oder mehreren der vorher genannten Zwecke, so nennt man ihn Hauptschacht, sonst Förderschacht, Wasserhaltungs- oder Kunstschacht u. s. w. je nach seiner hauptsächlichsten Bestimmung.

Für die besonderen Zwecke wird ein Schacht durch einzelne Hölzer (Einstriche) oder durch wetterdichte Verschläge (Schachtscheider) in Abteilungen, Trümer genannt, geteilt. Man sagt die Fördertrümer, das Kunsttrum u. s. w.

Tagekranz, Hängebank heißt die Tageöffnung eines Schachtes; um Haldensturz zu gewinnen, wird die Hängebank in der Regel aufgesattelt, d. h. über den gewachsenen Boden erhöht. Schachtkopf ist derjenige Teil eines Schachtes, welcher unmittelbar unter Tage liegt und wegen der Gebirgsbeschaffenheit, der Wasserzugänge u. s. w. oft besonders gut ausgebaut werden muß. Die Wände eines Schachtes nennt man die Stöße; Füllort ist der erweiterte Raum am Schachte, woselbst die auf den Strecken herbeigeförderten Massen in die Schachtfördergefäße gefüllt werden; Schachtsumpf ist der tiefste Teil des Schachtes, in dem sich die Grubenwasser ansammeln.

Richtschächte haben lotrechte Stöße, flache Schächte, (vgl. Fig. 63 S. 91) auch tonnenlägige genannt, werden im Fallen der Lagerstätte abgeteuft; gebrochene Schächte haben entsprechend dem verschiedenen

Einfallen der Lagerstätte in ihren einzelnen Teilen verschiedene Neigung. Tageschächte gehen von Tage aus nieder, blinde Schächte gehen nicht bis zu Tage, sie verbinden lediglich mehrere Abbausohlen in der Grube; haben sie nur eine geringe Tiefe, so nennt man sie Zwischenschächte, auch Durchschnittsschächte. Ein durch Abteufen angefangener Durchschnittsschacht heißt ein Gesenke, ein mittels Über-sich-brechens von einer tieferen Sohle begonnener Überhauen. Stollnschächte gehen nur bis auf die Stollnsohle nieder, Tiefbauschächte erschließen die Lagerstätte unter der Stollnsohle. Versuchsschächte von kleinen Abmessungen und geringer Tiefe nennt man auch Schurfschächte. Vorgeschlagen nennt man einen Schacht, der von Tage her bis auf die Lagerstätte saiger verteuft ist, dann aber dem Fallen der letzteren folgt. Zwei in geringer Entfernung voneinander abgeteufte Schächte nennt man auch Zwillingsschächte.

Flache Schächte wurden früher namentlich beim Gangbergbau vielfach verwendet; sie sind in der ersten Anlage billiger als Richtschächte, weil die Ausrichtungsquerschläge in Fortfall kommen, auch wird beim Abteufen die Lagerstätte selbst untersucht, dagegen sind sie für den Einbau von Gestängemaschinen auch für größere Förderung wenig geeignet und die Unterhaltung des Schachtausbaues ist kostspielig. Man giebt daher z. B. den Richtschächten, trotzdem sie in der Anlage teurer sind, den Vorzug.

Die Herstellung von Schächten kann bei bereits im Betriebe befindlichen Berggebäuden beschleunigt werden, indem man nach genauen markscheiderischen Angaben den Schachtpunkt von verschiedenen Sohlen aus unterfährt und dann Überhauen und Abteufen belegt. Die Wasserhaltung in den Abteufen kann erspart werden, indem man die zusitzenden Wasser durch Bohrlöcher bis auf die nächst tiefere Sohle verfällt und dort den Betriebs-Wasserhaltungsmaschinen zuführt.

Der Schachtquerschnitt ist rechteckig, quadratisch oder rund, selten polygonal; bei flachen Schächten fast immer rechteckig, der lange Stoß parallel zum Streichen der Lagerstätte. Bei rechteckigen Richtschächten legt man den langen Stoß rechtwinklig zur Streichrichtung der Lagerstätten und Schichten, damit der Druck der hangenden Schichten auf einen kurzen Stoß gerichtet ist. Für Ausbau in Holz ist nur der eckige Querschnitt, für Mauerung und Ausbau in Eisen auch der runde Querschnitt geeignet; in rechteckigen gemauerten Schächten giebt man den Stirnmauern etwas Bogen, da der Gebirgsdruck so besser aufgenommen wird (Fig. 66).

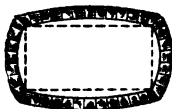
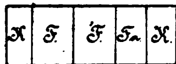
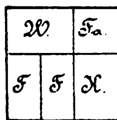


Fig. 66.
Schachtquerschnitt.

Runde Schächte haben den Vorteil, daß das Teufen schneller von statten geht, da keine Ecken herauszuschießen sind, sie leisten dem Gebirgsdruck nach allen Seiten gleichen Widerstand, doch kann der Querschnitt nicht so gut wie bei rechteckigen Schächten ausgenutzt werden. Die Fig. 67—69 zeigen die verschiedene Einteilung des Schachtquerschnittes in Trümer.





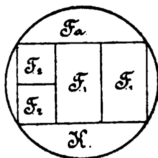


Fig. 67. Fig. 68. Fig 69
Einteilung des Schachtquerschnittes.
F Förderschacht, K Kunstschacht, Fa Fahrschacht. W Wetterschacht.

Die lichten Abmessungen der Fördertrümer sind bei Gestellförderung für einen Hund etwa 2·0 × 0·9 *m*, bei zwei Hunden nebeneinander 2·0 × 1·7 *m*, bei Tonnenförderung 1·0 × 1·0 *m*. Für den Fahrschacht braucht man höchstens 1·0 *m* Breite. Der Querschnitt des Kunsttrumes richtet sich nach der besonderen Einrichtung der Wasserhaltungsmaschinen.

Bei der Wahl des Schachtansatzpunktes sind die Verhältnisse über und unter Tage maßgebend. In ersterer Beziehung hat man Rücksicht zu nehmen auf Haldensturz, benutzbare Wasserkräfte und bequeme Anfuhrwege; von natürlichen Wasseransammlungen hält man sich genügend entfernt; in zweiter Hinsicht ist die Lagerstätte und das bedeckende Gebirge zu berücksichtigen. Was das Einfallen der Lagerstätte betrifft, so ist der Schachtpunkt so zu wählen, daß für die in Aussicht genommene Tiefe die Summe der sämtlichen Querschläge möglichst gering wird; bezüglich der streichenden Ausdehnung der Lagerstätte setzt man den Schacht möglichst in die Mitte des Abbaufeldes, damit die Förderlängen aus beiden Feldhälften gleich werden. Das Abbaufeld für einen Schacht ist namentlich bei geringer Teufe wegen der Kosten der Förderung und Streckenunterhaltung nicht zu groß zu wählen.

Beim Kohlenbergbau ist i. d. R. die größte Teufe, bis zu welcher der Schacht überhaupt niedergebracht werden soll, durch die geologischen Verhältnisse von vorneherein gegeben. Bei muldenförmiger Ablagerung der Kohle ist es am vorteilhaftesten, wenn einer der Schächte die Flöze im Muldentiefsten durchteuft. Beim Gang- und Stockbergbau muß für eine gewisse Abbauzeit eine bestimmte Schachttiefe in Aussicht genommen werden.

Sind die Gebirgsverhältnisse durch Bohrungen oder durch anderweite Aufschlüsse bekannt, so vermeidet man bei Auswahl des Schachtpunktes vor allem schwimmendes Gebirge, stark wasserführende Schichten, zerrüttetes Gebirge, wie Verwerfungen, Contactzonen u. s. w. Auch ist das Durchteufen alter Baue oft mit Schwierigkeiten verknüpft, namentlich wenn dieselben mit Wasser oder schädlichen Gasen angefüllt sind.

Das Abteufen der Schächte kann in festem Gebirge außer durch die bereits bekannten Gewinnungsarbeiten auch durch Abbohren erfolgen, in Schwimmsand teuft man mittels Getriebearbeit oder nach dem Gefrier-

verfahren von Poetsch ab (vgl. Abschn. V.). Die saigere Lage der Stöße wird bei Richtschächten durch eingehängte Lote verbürgt. Der erste Angriff der Schachtsohle, der **Einbruch** oder das **Vorgesümpfe**, wird unter dem Kunsttrum hergestellt; man hält bei festem Gestein und wenig Druck die Schachtsohle in Strossenform, um möglichst viel Arbeiter anlegen zu können, dagegen bei starkem Gebirgsdruck möglichst eben, um den Ausbau dem Abteufen möglichst bald folgen zu lassen.

Soll ein vorhandener Förderschaft ohne Störung der Förderung weiter verteuft werden, so teuft man zunächst nur unter dem Fahr- und Kunsttrum etwa 8—10 *m* ab und erweitert dann erst den Schacht auf seine vollen Abmessungen; die unter dem Förderschachte belassene Bergfeste schützt die Arbeiter im Abteufen gegen Unfälle bei der Förderung und wird zuletzt herausgenommen. Die Massen aus dem Abteufen werden zweckmäßig bis zum tiefsten Füllorte mittels Lufthaspels gefördert. Die Wasser werden von der Hauptmaschine unter Anfügung von Hilfssätzen gehalten, oder bis zum letzten Satze durch kleine mit Preßluft betriebene Pumpen (Abteufpumpen) gehoben. Will man beim Weiterverteufen den ganzen Schachtquerschnitt auf einmal in Angriff nehmen, so ist die Förderung bis nach Verteufung mehrerer Meter einzustellen uud dann unter den Fördertrümern eine starke **Schutzbühne** einzubauen.

Ein anderes Verfahren besteht darin, daß man den Hauptschacht in einer mittels Hilfsschachtes angehauenen tieferen Sohle unterfährt und dann überhaut.

Beim Abteufen von Hauptschächten können einschließlich des Ausbaues unter günstigen Bedingungen monatlich 10—12 *m* geteuft werden; bei sehr festem Gestein oder sonst ungünstigen Verhältnissen geht die Leistung wesentlich zurück.

Die **tiefsten Schächte** der Welt sind in Přibram im nördlichen Böhmen bis 1080 *m* Tiefe abgeteuft worden.

Die Strecken.

Strecken sind Grubenbaue, welche in den Abmessungen der Stölln von Schächten aus ganz oder nahezu wagerecht (söhlig) getrieben werden; sie unterscheiden sich von den Stölln dadurch, daß sie kein Mundloch haben. Eine Ausnahme hiervon machen nur die Tagestrecken, welche von Tage her i. d. R. mit schwachem Einfallen auf einer Lagerstätte getrieben werden.

Die Strecken werden benannt, einmal nach ihrem Verhältnisse zur Lagerstätte, dann nach ihrer besonderen Bestimmung.

Streichende Strecken sind söhlig getrieben, sie folgen dem Streichen der Lagerstätte; zu diesen rechtwinklig, und in der Falllinie der Lagerstätte getriebene Strecken heißen schwebende, wenn sie Ansteigen haben, einfallende, wenn sie Fall haben. Diagonale Strecken liegen der Richtung nach zwischen Streichen und Fallen der Lagerstätte, haben also weniger Einfallen als die Lagerstätte, sie wurden früher im Kohlenbergbau vielfach als Förderstrecken angewendet. Ein Querort ist eine Strecke, welche in einer mächtigen Lagerstätte söhlig und zwar vom Liegenden zum Hangenden getrieben ist; eine querschlägige Strecke, ein Querschlag, ist im Nebengestein (Quergestein) also nicht in der Lagerstätte i. d. R. angenähert rechtwinklig zur Streichrichtung derselben getrieben. (Schachtquerschlag, Hauptquerschlag, Wetterquerschlag.)

Ihrem Hauptzwecke nach unterscheidet man: Förderstrecken, Wetterstrecken (beim Kohlenbergbau zur Wetterführung dienend), Wasserstrecken, welche die Grubenwasser zu den Wasserhaltungsmaschinen leiten, Sumpfstrecken, in denen sich die Grubenwasser ansammeln und klären. Grundstrecken, Sohlstrecken, beim Erzbergbau auch wohl Gezeugstrecken, Läufe nennt man diejenigen Streichstrecken, durch welche eine Lagerstätte in Hauptabschnitte geteilt, das heißt vorgerichtet wird.

Der Betrieb der Strecken erfolgt stets derart, daß man vor Ort den Einbruch den Gebirgsverhältnissen entsprechend herstellt und dann auf dessen Tiefe das ganze Ort nachnimmt. Im Quergestein legt man den Einbruch gewöhnlich in halbe Ortshöhe, dann nimmt man die Firste, zuletzt die Strosse herein. Im Flözbergbau wird der Einbruch in eine milde Schicht gelegt; beim Gangbergbau wird bei großer Gangmächtigkeit nur Gang geschossen und der Einbruch, falls ein gut ablösendes Salband vorhanden ist, an dieses, sonst ebenfalls in die halbe Ortshöhe gelegt. Ist der Gang wenig mächtig, so pflegt man Berge und Gangmasse getrennt zu gewinnen, damit kein Erz unter den Bergen verloren geht. Namentlich beim Steinkohlenbergbau sucht man die beim Betrieb von Strecken auf wenig mächtigen Flözen fallenden Berge zu versetzen, indem man das Flöz in größerer Breite aushaut, als für die Strecke erforderlich ist und in dem so gewonnenen Raume (Bergesack), unter Umständen mit Offenhaltung eines Wetterpasses, die Berge versetzt. (Fig. 70.)

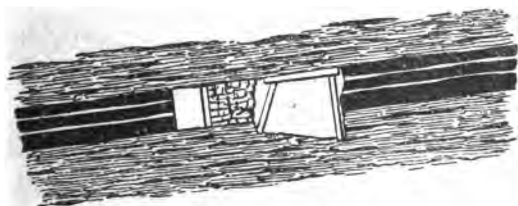


Fig. 70 Strecke mit Bergesack und Wetterpaß.

Übrigens treibt man die Strecken möglichst gerade und mit regelmäßigem Ansteigen. Die gewöhnliche Belegung eines Streckenortes besteht aus zwei Häuern und einem Fördermann.

Die Ausrichtung von Schächten aus.

Bei flach fallenden und massigen Lagerstätten ist eine Ausrichtung von den Schächten aus z. T. nicht mehr nötig, da sofort Vorrichtungsstrecken in der Lagerstätte aufgefahren werden können; das ist z. B. bei manchem Kohlenbergbau und beim Steinsalzbergbau der Fall. Steil einfallende Lagerstätten müssen von Richtschächten aus mittels **Querschläge** ausgerichtet werden; sind mehrere Lagerstätten vorhanden, so fährt man die Querschläge bis zur entferntesten auf. Bei der Anlage dieser ist die Wahl des **saigeren Sohlenabstandes** s von größter Bedeutung, da hiervon und von dem Fallwinkel der Lagerstätte der **flache Sohlenabstand** f (**Abbauhöhe**) abhängt (Fig. 71). Im allgemeinen wählt man bei Gängen, Flözen und Lagern den saigeren Sohlenabstand desto kleiner, je flacher die Lagerstätte gelagert ist, auch sind zu berücksichtigen die Gebirgsbeschaffenheit (druckhaftes Gebirge), die Abbaumethode, z. T. auch die örtliche Gewohnheit. In massigen Lagerstätten, auf denen Weitungsbau betrieben wird, schwanken die Sohlenabstände zwischen 8—20 *m*. Beim Gangbergbau hängt die Wahl der Sohlenabstände wesentlich von der Natur der Erzmittel ab; je absätziger dieselben sind, desto kleiner ist der Sohlenabstand zu wählen, damit keine Erzmittel über-

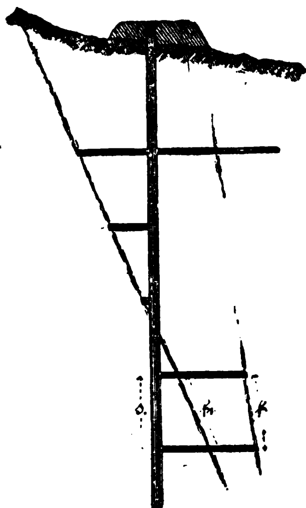


Fig. 71.
Ausrichtung mittels Querschläge.

sehen werden; man nimmt 20—60 *m* saigeren Abstand. Beim Flözbergbau pflegt sich starker Gebirgsdruck geltend zu machen, man sucht daher die Sohlenabstände so zu wählen, daß das Offenerhalten der Förder- und Wetterstrecken bis zum Aushiebe der betreffenden Abbauhöhe ohne beträchtliche Baukosten möglich ist.

Die Ausrichtung schreitet überall von oben nach unten zu fort; während in der oberen Sohle abgebaut wird, richtet man die nächstuntere aus. Die Bezeichnung der Abbausohlen im Kohlenbergbau und der Gezeugstrecken im Erzbergbau erfolgt gewöhnlich durch Nummern vom tiefsten Stolln aus abwärts. Störend auf die Regelmäßigkeit der Sohlenbildung wirken Verwerfungen von bedeutender Sprunghöhe.

2. Die Vorrichtungsbaue.

Von den Schächten, bez. von den Schachtquerschlägen aus werden die Vorrichtungsbaue auf der Lagerstätte getrieben, um dieselbe für den Abbau in kleinere Abschnitte zu teilen.

Bei massigen Lagerstätten besteht die Vorrichtung i. d. R. darin, daß durch ein Netz von Strecken annähernd quadratische Pfeiler abgeteilt werden, die dann einzeln zum Abbau gelangen.

Die plattenförmigen Lagerstätten werden durch Streichstrecken und von diesen aus durch schwebende und fallende Betriebe in rechteckige Abschnitte geteilt; je nachdem es die Abbaumethode erfordert, werden diese Abschnitte wiederholt durch Streichstrecken, sogen. Abbaustrecken und ansteigende Strecken, (Durchhiebe, Schweben) in kleinere Pfeiler zerlegt. Den Streichstrecken giebt man vom Schachte her etwas Ansteigen, damit das Wasser abfließt und die Förderung der vollen Hunde erleichtert wird; um die Wetterversorgung zu ermöglichen, treibt man entweder Parallelstrecken und verbindet sie von Zeit zu Zeit mittels Durchhiebe, oder man fährt die Strecke

breit auf und führt einen Wetterscheider (s. Abschn. Wetterlehre) nach. In seltenen Fällen verlegt man auch die Sohlstrecken in das Liegende, z. B. bei sehr mächtigen steil einfallenden Lagerstätten, die durch Querbau abgebaut werden sollen. Bei mächtigen, flach einfallenden Lagerstätten fährt man die Streichstrecken gewöhnlich am Liegenden auf; nur wenn starker Sohlendruck vorhanden ist oder das Nebengestein zum Quellen neigt, wie manches Steinkohlengebirge, läßt man etwas Kohle an der Sohle, und bei kurzklüftigem Dache, falls die Flözmächtigkeit es gestattet, auch an der Firste stehen, der Bergmann sagt, es wird Kohle angebaut.

Bei der Vorrichtung eines Abbaufeldes ist auf etwaige Sicherheitspfeiler Rücksicht zu nehmen. Sicherheitspfeiler nennt man Teile der Lagerstätte, welche eine Zeit lang oder überhaupt nicht abgebaut werden. Man unterscheidet Grenzsicherheitspfeiler, Schacht- und Streckensicherheitspfeiler, ferner sind Sicherheitspfeiler unter Flußläufen, Eisenbahnen und dergl. zu belassen. Grenzsicherheitspfeiler sollen das Durchschlägigwerden benachbarter Werke verhindern, damit Wassereinbrüche, Explosionen und dgl. sich nicht von Werk zu Werk fortpflanzen; Schacht- und Streckensicherheitspfeiler sollen die Wirkungen des Abbaues von den genannten Grubenbauen fernhalten. Durch den Abbau kommt nämlich, zumal wenn sehr viel Massen gewonnen werden, das Dachgebirge in Bewegung, die Folge hiervon sind starker Druck in den benachbarten Grubenbauen und z. T. Senkungen der Oberfläche. Die Streckensicherheitspfeiler sollen den Druck auf die Grundstrecke aufnehmen. Durch Einbringen von Bergeversatz in die abgebauten Räume kann die nachteilige Wirkung des Abbaus wesentlich abgeschwächt werden; in dieser Beziehung ist noch zu beachten, daß die hangenden Schichten nicht nur unmittelbar senkrecht über der abgebauten Fläche nachbrechen, sondern daß auch ein seitliches Weitergreifen des Bruches stattfindet. Den Winkel, den die Linie, welche den Bruch begrenzt, mit der

wagrechten einschließt, nennt man den Bruchwinkel; im Steinkohlengebirge beträgt derselbe gewöhnlich 70—80°. Will man einen Gegenstand auf der Oberfläche gegen die Wirkungen des Kohlenabbaues schützen, so ist bei Bemessung des zu belassenden Sicherheitspfeilers der Bruchwinkel a mit zu berücksichtigen (Fig. 72.). Beim Braunkohlenbergbau ist der Bruchwinkel oft wesentlich kleiner. Je tiefer der Abbau unter Tage liegt, desto weniger machen sich die Wirkungen an der Oberfläche geltend.

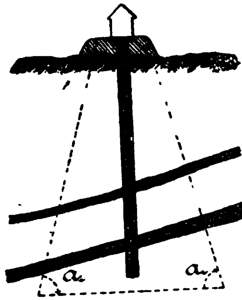


Fig. 72.
Schachtsicherheitspfeiler.

Gewöhnlich findet der Abbau über der Grundstrecke statt, die Massen gelangen bis auf die Grundstrecke hinab und auf dieser zum Schachte, in seltenen Fällen jedoch müssen auch kleine Teile einer Lagerstätte, die unter der tiefsten Grundstrecke liegen, abgebaut werden; einen derartigen Abbau nennt man Unterwerksbau oder Abbau aus dem Fallen. Die Vorrichtung erfolgt durch einfallende Strecken von der Grundstrecke aus und durch eine Streichstrecke im Tiefsten des Feldteiles. Das gewonnene Haufwerk muß mittels Haspels bis auf die Grundstrecke gefördert, unter Umständen auch eine kleine Pumpe zur Wasserhaltung aufgestellt werden. Man wendet den Unterwerksbau an, wenn der betreffende Feldteil nicht so groß ist, daß es verlohnt, den Schacht weiter abzuteufen und einen tieferen Ausrichtungsquerschlag zu treiben.

3. Die Abbaue.

Allgemeines.

Abbaue sind diejenigen bergmännischen Baue, welche der Gewinnung der nutzbaren Mineralien unmittelbar dienen.

Wenngleich es sehr wichtig ist, daß stets ein genügend großes Feld zum Abbau vorgerichtet ist, um auch in unvorhergesehenen Fällen, wie Ausbrechen von Grubenbrand, Aufgehen der Grundwasser und dergleichen die Förderung auf der durchschnittlichen Höhe erhalten zu können, so ist es doch vorteilhaft, nur in wenigen Bauabteilungen abzubauen, da hierdurch die Aufsichtführung, Förderung und Wetterversorgung vereinfacht wird, auch die Unterhaltung des Grubenausbaues billiger zu stehen kommt.

Bei der Wahl der Abbaumethode ist namentlich das Folgende zu berücksichtigen:

1. Das Einfallen und die Mächtigkeit der Lagerstätte.

2. Das Vorhandensein zahlreicher Ablösen in einer bestimmten Streichrichtung.

3. Die Reinheit der Lagerstätte, das heißt, ob beim Abbaue taube Massen und Berge fallen, oder nicht.

4. Das Verhalten des Nebengesteins.

5. Die Vermeidung von Verlusten durch Verzettelung oder Stehenlassen von Mineralien.

6. Der Stückkohlenfall, das Auftreten von Schlagwettern und Schwaden.

Raubbau nennt man eine Abbauweise, bei welcher nur ein baldiger und beträchtlicher Nutzen ohne Rücksicht auf dessen Nachhaltigkeit erstrebt wird.

Fallen beim Abbau viel Berge, so wendet man eine Abbaumethode mit Bergeversatz an, nur selten schafft man zu diesem Zwecke Berge von Tage her in die Grube. Beim Versetzen der Berge ist zu berücksichtigen, daß jedes Gestein nach seiner Gewinnung einen größeren Raum einnimmt, als in seinem natürlichen Zusammenhange. Die Verhältniszahl, welche für jedes Gestein diese Volumenvermehrung angiebt, nennt man Schüttungscoefficient, derselbe beträgt für Sand und dergleichen 1·25, für weiches Gestein 1·5, für feste Gesteine 2 bis 2·5; für Schieferthon nimmt man den Coefficienten gewöhnlich zu 2, für Gneis zu 2·5 an, doch ist zu berücksichtigen,

daß starker Gebirgsdruck den Bergeversatz nachträglich oft stark zusammenpreßt.

Die Abbaumethoden sind im Nachstehenden folgendermaßen eingeteilt worden:

1. Mit Bergeversatz.
   a) Firstenbau.
   b) Strossenbau.
   c) Querbau.
   d) Strebbau.

2. Ohne Bergeversatz.
   a) Pfeilerbau.
   b) Stockwerksbau.
   c) Weitungsbau.
   d) Bruchbau.

3. Mit Zuhilfenahme des Wassers.
   Sinkwerksbau.

4. Tagebau.

1. Abbaumethoden mit Bergeversatz.

a) Firstenbau.

Der Firstenbau (Fig. 73, S. 109) ist die wichtigste Abbaumethode für Gänge und steil aufgerichtete Steinkohlenflöze, er hat seinen Namen davon, daß der ganze Abbau von der Firste der Grundstrecke aus nach oben fortrückt. Die Vorrichtung für den Firstenbau besteht darin, daß zwei in einem Erzmittel aufgefahrene Gezeugstrecken durch einen Zwischenschacht miteinander verbunden werden. Von dem tiefsten Punkte des letzteren aus beginnt man den Abbau und legt den Bau ein- oder zweiflügelig an, indem man nur nach einer oder nach beiden Seiten hin den ersten Stoß (Streckenstoß) belegt. Sobald dieser letztere genügend vorgetrieben ist, belegt man den 2., dann den 3. u. s. w. Mit dem Vorrücken des Streckenstoßes ist die Firste der unteren Gezeugstrecke zu verwahren (Kastenzimmerung,

Tonnengewölbe, Eisenbau), damit der Bergeversatz B ein Auflager findet. Es werden thunlichst nur die Erze gefördert und zwar die ärmeren durch Förderrollen f bis auf die untere Gezeugstrecke, edle Erze werden in Körben u. dergl. bis zur Strecke geschafft; taube Gangmasse und Berge werden versetzt. Die Belegung jedes Firstenstoßes beträgt gewöhnlich 1 bis 2 Mann. Die Häuer stehen beim Bohren auf dem Bergeversatze, auch auf Fahrten oder richten sich durch Schlagen von Spreizen kleine Bühnen her; es ist daher zweckmäßig, daß der Versatz möglichst bald nachfolgt, wie die Stöße vorrücken. Über den Bergeversatz findet auch die Fahrung und die Förderung bis zu den Rollen statt, es werden daher an den Stößen aus größeren Wänden Vorsätze (Treppen) gebaut, die gut zu verletten sind, um Erzverzettelung daselbst zu vermeiden. Die Förderrollen werden mittels trockner Mauerung im Bergeversatz ausgespart und unten am sogenannten Rollenschlund durch Schieber geschlossen gehalten; nach Öffnung der letzteren fällt das Fördergut unmittelbar in die untergeschobenen Hunde. Die oberen Öffnungen der Rollen im Bau sind abzudecken; unten offene Rollen, aus denen das Fördergut auf die Grundstrecke fällt, sind selten in Verwendung. Die söhlige Entfernung der einzelnen Stöße von einander beträgt 6—15 *m*, die saigere Höhe eines Stoßes wird nicht gern über 4 *m* genommen. Falls im Baue nicht genug Berge fallen, um den Versatz bis zu genügender Höhe nachzuführen, schlägt man Hilfskästen, oder es werden auf der oberen Gezeugstrecke von anderen Betrieben her Berge herzugefördert und durch den Durchschnittsschacht in den Bau gestürzt. Durch eine Wetterblende w auf der unteren Gezeugstrecke und wetterdichten Abschluß v des Zwischenschachtes werden die Wetter gezwungen, ihren Weg durch den Firstenbau zu nehmen.

Ist das abzubauende Erzmittel arm, so läßt man wohl, um die Firstenverwahrung der unteren Gezeug-

strecke zu ersparen, an deren Firste 1 bis 2 *m* Gang als Bergfeste b stehen, welche den Bergeversatz aufnimmt; nur die Rollen werden durch dieselbe hindurchgeführt. Wird der Gang vor einem oder mehreren Stößen erzleer, so treibt man von einem derselben ein Feldort zur Ganguntersuchung vor.

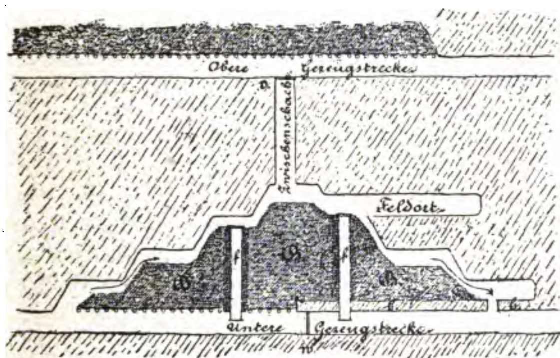


Fig. 73. Zweiflügliger Firstenbau. Flacher Riß.

Seitenfirstenbau. Auf Gängen, welche mächtiger als etwa 3 *m* sind, läßt sich der einfache Firstenbau namentlich dann nicht mehr gut anwenden, wenn das Nebengestein nicht standfest ist. Man wendet in diesem Falle, so auf den mächtigen Erzgängen des Oberharzes, den Seitenfirstenbau an, das heißt, man baut den Gang vom Liegenden her in etwa $2^1/_2$ *m* mächtigen Streifen durch Firstenbau ab, nimmt jedoch den nächsten Streifen erst in Angriff, wenn der erste versetzt ist. Die Hauptförderstrecken werden dabei i. d. R. in das Liegende gelegt und von denselben kurze Querschläge bis zum Gange aufgefahren, in diese münden die Förderrollen (Fig. 74.).

Der Stoßbau ist eine besondere Art des Firstenbaues, der in Westfalen auf Flözen von etwa 40° Ein-

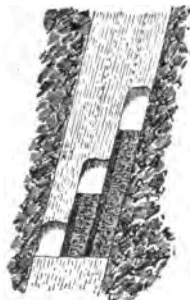


Fig. 74. Seitenfirstenbau. Kreuzriß.

fallen betrieben wird und darin besteht, daß jeder Firstenstoß einzeln oft bis auf 200 *m* Erstrekkung vorgetrieben wird. Bei dem Vorrücken des ersten Stoßes versetzt man die Grundstrecke und legt die Förderbahn auf den Bergeversatz, von wo aus die Kohlen mittels eines kurzen Bremsberges auf den vorderen Teil der Grundstrecke gelangen.

b) Strossenbau.

Der Strossenbau, Fig. 75, ist die älteste Abbaumethode für den Gangbergbau und bildet einen gewissen Gegensatz zum Firstenbau, da er von der Strosse der

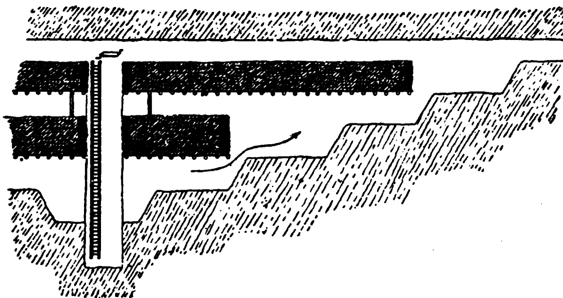


Fig. 75. Strossenbau. Flacher Riß.

Grundstrecke nach abwärts vorrückt. Er wird durch ein Abteufen eingeleitet, von diesem aus werden die einzelnen Strossen angesetzt; zum Versetzen der Berge sind etwa in 4 *m* saigerem Abstand Kästen zu schlagen. Die Erzförderung findet auf söhligen Strecken, die im Bergeversatz ausgespart werden, bis zum Abteufen und in die-

sem aufwärts bis zur Gezeugstrecke statt, die Wasser müssen im Abteufen gehoben werden. Die Wetter werden durch Wetterthüren auf der Grundstrecke und auf den Förderstrecken gezwungen, durch den Bau zu ziehen.

Der wesentlichste Nachteil des Strossenbaues ist der starke Verbrauch an Holz zu Kästen sowie der Umstand, daß Förderung und Wasserhaltung aufwärts stattfinden müssen, dagegen ist der Verlust an Erz auf der anstehenden Strosse gering. Zum Zwecke des Abbaues kleinerer Erzmittel unter vorhandenen Streichstrecken greift man auch jetzt wohl noch zum Strossenbau.

c) Querbau.

Der Querbau wird auf steil einfallenden mächtigen Lagerstätten, welche taube Mittel enthalten, angewendet. Er hat seinen Namen davon, daß in jeder Bauabteilung von einer am Liegenden getriebenen Streichstrecke bis ans Hangende der Lagerstätte Querörter aufgefahren werden. Die zwischen denselben belassenen Pfeiler werden in Querstreifen, oder streichend abgebaut und mit Bergen versetzt.

Die Schächte teuft man i. d. R. im Liegenden, richtet die Lagerstätte querschlägig aus und teilt sie durch Auffahren von streichenden Grundstrecken am Liegenden von oben nach unten in größere Abschnitte, jeder Abschnitt wird in der oben beschriebenen Weise in 2—3 *m* hohen Abteilungen von unten nach oben abgebaut. Der Bergeversatz jeder unteren Abteilung dient wie beim Firstenbau als Standpunkt für die Arbeiter beim Abbau der nächst höheren Abteilung. Die Grundstrecke wird offen erhalten, die Förderung aus den Bauen bis auf dieselbe erfolgt durch nachgeführte Rollen. In jeder oberen Abteilung wird zunächst wieder eine Streichstrecke am Liegenden aufgefahren, welche die Förderung bis zu den Rollen vermittelt (Fig. 76.).

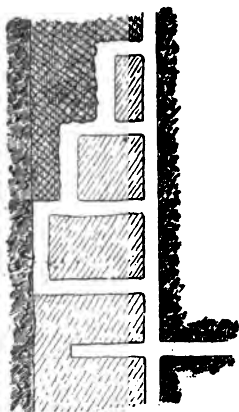


Fig. 76. Querbau. Grundriß.

Fallen beim Abbau nicht genug Berge, so werden solche von Tage her zugefördert oder man gewinnt sie in Bergemühlen, das heißt, man treibt eine Strecke in's Hangende, erweitert dieselbe und fördert die nach und nach hereinbrechenden Berge in die Abbaue.

Der Querbau wird z. B. angewendet im Quecksilberstock zu Idria, im Galmeistock am Altenberge, in der stockförmigen Kohlenmasse bei Creusot, zum Teil beim Salzbergbau der Staßfurter Gegend.

d) Strebbau.

Der Strebbau ist für solche flach einfallende bis etwa 2·0 *m* mächtige Lagerstätten, vornehmlich Steinkohlenflöze geeignet, bei welchen die Hälfte der Mächtigkeit aus Bergemitteln besteht; ferner ist ein gutes, nicht kurzklüftiges Dach eine Vorbedingung für das Gelingen des Strebbaues. Allgemein wird das Flöz durch zwei Streichstrecken vorgerichtet, die untere dient als Förderstrecke und die Wetter ziehen auf ihr ein, die obere Streichstrecke führt die verbrauchten Wetter ab; der Abbau beginnt am Schachtsicherheitspfeiler und rückt nach der Feldgrenze zu vor. Die beiden Streichstrecken verbindet man etwa in je 300 *m* Entfernung durch schwebende Parallelstrecken miteinander. Die so abgeteilten Abbaufelder werden unter Belassung von Sicherheitspfeilern für die Streichstrecken und die schwebenden Verbindungsstrecken von diesen anfangend in einzelnen 8—12 *m* breiten Streifen, Streben genannt, abgebaut und die ausgekohlten Räume mit den fallen-

den Bergen versetzt. Im Bergeversatz werden Strecken zur Förderung offen gelassen; vor den Streben wird das Dach auf etwa 2 *m* Breite durch Stempel unterstützt, die nach dem Vorrücken der Stöße beim Versetzen der Berge z. T. wiedergewonnen werden. Die Richtung der Streben wählt man, falls im Flöze Ablösen von bestimmter Streichrichtung vorherrschen, mit Rücksicht auf die leichtere Gewinnung senkrecht zu diesen und unterscheidet danach streichenden (Fig 77), schwebenden

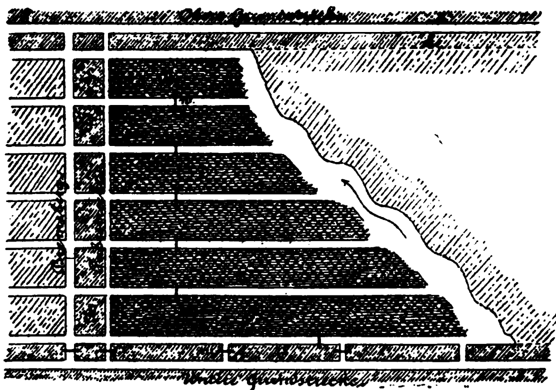


Fig. 77. Streichender Strebbau. Flacher Riß.
B Bergeversatz, S Sicherheitspfeiler, w Wetterblenden.

und diagonalen Strebbau; doch sind für die Wahl des einen oder anderen noch folgende Gesichtspunkte ausschlaggebend. In Flözen mit Schlagwetterentwickelung ist der schwebende und diagonale Bau wegen der Gefahr von Schlagwetteransammlungen vor den Strebstößen nicht anwendbar. Sonst baut man bei steilerer Lagerung, das heißt bis etwa 30° Einfallen, mit streichenden Streben ab, die schwebenden Strecken werden dann zu Bremsbergen eingerichtet; bei mittlerer Neigung (etwa bis 15°) wendet man den diagonalen Strebbau an und

bei ganz flachem Einfallen wird auch schwebender Strebbau möglich, die Förderstrecken liegen dann schwebend und gestatten bei nicht mehr als 3° Einfallen freie Förderung. Durch diagonale Lage der Förderstrecken wird auch noch bei steilerer Lagerung freie Förderung ermöglicht, da Diagonalstrecken immer weniger Einfallen haben als schwebende und um so weniger, je mehr sie sich der Lage der Streichstrecken nähern.

Am häufigsten wird der streichende Strebbau angewendet. Die Wetter werden mit Hilfe von Wetterthüren an den Strebstößen entlang geführt; die Förderung bis zu den Förderstrecken, auf denen mit Hunden gestoßen wird, erfolgt i. d. R. in Schleppkästen oder mit Laufkarren. Die an den schwebenden Strecken belassenen Sicherheitspfeiler werden nach Abbau des ganzen Feldes gewonnen, die Sicherheitspfeiler der Grundstrecken können erst beim Abwerfen dieser Strecken rückwärts mit gewonnen werden.

Bei Bemessung der streichenden Länge der Felder ist namentlich in Rücksicht zu ziehen, wie lange die Förderstrecken ohne Erneuerung des Ausbaues offen erhalten werden können, es ist nämlich zu berücksichtigen, daß die versetzten Berge zwar zunächst etwa den doppelten Raum einnehmen, als im natürlichen Zusammenhange, daß aber nach erfolgtem Abbaue größerer Flächen das Hangende mit bedeutendem Drucke auf dem Bergversatze lastet und ihn zusammenpreßt. Hierdurch werden die Förderstrecken niedriger, und man muß sie dann, damit die Hunde hindurchkönnen, mit vielen Kosten nachstrossen und wieder ausbauen. Namentlich, falls Berge zum Versatz fehlen, fährt man daher die Förderstrecken gleich anfänglich durch Mitnehmen von Sohle etwas höher auf.

Der Strebbau hat gegenüber dem Pfeilerbau die Vorteile der Übersichtlichkeit und leichten Beaufsichtigung, auch kommt man schnell zum Abbau, während man beim Pfeilerbau genötigt ist, mit dem Abbaue an

der Feldgrenze zu beginnen. Der Strebbau wird z. B. häufig auf den kgl. Steinkohlenwerken zu Saarbrücken und fast ausschließlich beim Kupferschieferbergbau in Mansfeld angewendet.

2. Abbaumethoden ohne Bergeversatz.

Wenn beim Abbau der Lagerstätte keine oder nur wenig Berge fallen, kommt man entweder in die Lage, ohne Bergeversatz ab zu bauen, oder, was i. d. R. sehr kostspielig ist, Berge von über Tage in die Abbaue zu schaffen.

a) Pfeilerbau.

Der Pfeilerbau wird bei plattenförmigen Lagerstätten, besonders bei Steinkohlenflözen mit nur wenig Bergemitteln und einem flacheren Einfallen als 45°, angewendet. Weil dabei das Hangende zu Bruch gebaut wird, so betreibt man ihn derart, daß Grundstrecken von den Schächten aus bis an die Feldgrenzen — gewöhnlich als Parallelstrecken mit Wetterdurchhieben — ausgelängt werden. Die zwischen zwei Grundstrecken liegenden Flözstreifen werden durch schwebende Betriebe in Abbaufelder zerlegt und letztere durch Abbaustrecken in etwa 10 *m* breite Streifen, Pfeiler genannt, geteilt. Diese werden dann in entgegengesetzter Richtung, wie die Auffahrung der Abbaustrecken erfolgte, d. h. rückwärts und zwar die oberen zuerst, abgebaut. Die flache Höhe der Abbaufelder ist durch die Sohlenbildung gegeben, die streichende Länge wird zu 100—300 *m* genommen und hängt wesentlich davon ab, welche Schwierigkeiten etwa das Offenhalten der Abbau- und Förderstrecken veranlaßt. Je nach der Lage der Abbaustrecken zur Flözebene unterscheidet man streichenden, schwebenden und diagonalen Pfeilerbau.

Im allgemeinen ist der Pfeilerbau wegen Auffahrung und Unterhaltung größerer Streckenlängen, sowie

deshalb, weil der Abbau erst später beginnen kann, teurer als der Strebbau.

Der *streichende Pfeilerbau* (Fig. 78) wird am häufigsten angewendet, da er sich allen Fallwinkeln unter 45° anpassen kann, das Feld wird durch streichende Abbaustrecken vorgerichtet. Beim schwebenden Pfeilerbau verlaufen die Abbaustrecken schwebend, beim diagonalen Pfeilerbau diagonal, die beiden letzteren Abbaumethoden können nur bei flachfallenden Flözen Anwendung finden, sind jedoch bei Schlagwetterentwickelung zu

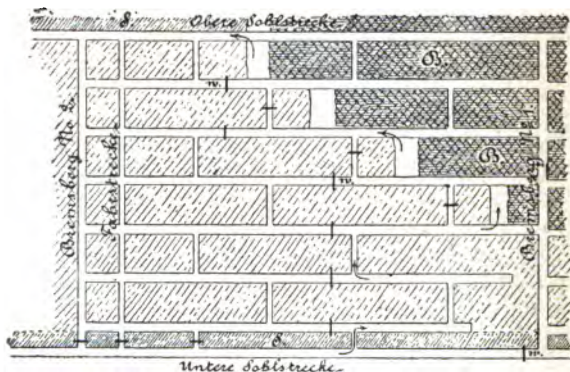


Fig. 78. Streichender Pfeilerbau. Flacher Riß.
B Bruch, S Sicherheitspfeiler, w Wetterblende.

vermeiden. Beim streichenden Pfeilerbau werden die schwebenden Teilstrecken als *Bremsberge* ausgebaut, vermittels welcher die Förderung von den Abbaustrecken bis auf die Grundstrecke stattfindet.

Der Abbau der einzelnen Pfeiler findet in streichenden oder schwebenden Streifen oder auch in der ganzen Pfeilerbreite statt und zwar in der Hauptsache in entgegengesetzter Richtung, wie das Auffahren der Abbaustrecken, man spricht daher auch von *Pfeilerrückbau.*

Immer muß zum Schutze der Arbeiter das Hangende in der Nähe des Arbeitsstoßes durch Zimmerung sicher gestellt werden. (Stempel mit Anpfählen oder mit Unterzügen.) Auch gegen den Bruch der früheren Pfeiler (alter Mann) ist Sicherung geboten, entweder stellt man im abzubauenden Pfeiler Orgelstempel (Bruchstempel) an der Bruchseite, doch unabhängig von dem sonstigen Ausbau, oder man bereitete diesen Schutz dadurch vor, daß man bereits beim Abbau des benachbarten Pfeilers nach der Seite des nächsten Abbaupfeilers hin Orgelstempel stellte, auch wohl aus etwa fallenden Bergen an dieser Seite trockene Mauern aufführte. Mit dem Fortschreiten des Abbaues wird die Zimmerung soweit möglich geraubt, um das Hangende zu Bruche zu werfen. Man bedient sich zu dieser gefährlichen Arbeit, die immer von besonders erfahrenen Leuten ausgeführt werden sollte, besonderer Gezähe mit langen Helmen (Raubgezähe) und besonderen Geleuchtes, um das Dach beobachten zu können. Das geraubte Holz kann, auch wenn es angebrochen sein sollte, zum Teil wieder verwendet werden, namentlich, wenn Flöze von verschiedener Mächtigkeit abgebaut werden.

Das Offenbleiben größerer Räume nach dem Rauben der Zimmerung ist thunlichst zu verhüten.

Pfeilerbau auf Steinkohlenflözen. Je nach der Mächtigkeit und Beschaffenheit des Flözes ist die besondere Art des Pfeilerbaues verschieden. Auf wenig mächtigen Flözen werden die Abbaue und Abbaustrecken so niedrig, daß man nur mit kleinen Hunden, sogenannten halben oder Drittel-Hunden, bis auf die Grundstrecke fördern kann, es findet dort ein Umladen in ganze Hunde statt. In der letzteren muß beim Auffahren Sohle nachgenommen werden.

Auf mächtigen Steinkohlenflözen ohne starke Zwischenmittel bricht man beim Pfeilerrückbau zunächst von den Abbaustrecken, die am Liegenden aufgefahren werden, bis an das Dach in die Höhe, dann wird entweder die ganze

Mächtigkeit auf einmal abgebaut oder man gewinnt das Flöz stroßweise, selten firstweise. Beim Abbau der ganzen Mächtigkeit auf einmal müssen die Häuer oft von Fahrten aus arbeiten, und es kommen leicht Verletzungen durch Kohlenfall vor. Der firstweise Abbau ist gefährlich, weil der Arbeiter stets Kohle über sich hat und die oberen Bänke beim Fortnehmen der verlorenen (vorläufigen) Unterstützung leicht in unberechenbarer Weise nachbrechen.

Am sichersten ist der stroßweise Abbau (Fig. 79), es wird zunächst die obere Bank gewonnen und das Dach durch Kappen und verlorene kurze Stempel unterstützt.

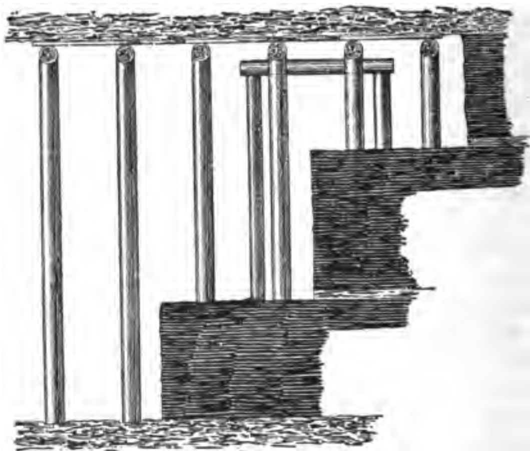


Fig. 79. Stroßweiser Abbau mächtiger Steinkohlenflöze.

Bei Gewinnung der mittleren Bank werden dann die Kappen durch Unterzüge abgefangen und an die Stelle der kurzen Stempel längere gesetzt, endlich werden bei Gewinnung der Strosse Stempel gestellt, deren Länge der ganzen Flözmächtigkeit entspricht.

Mächtige Steinkohlenflöze mit Zwischenmitteln, oder verschiedene Flöze, die nur durch ein schwaches Zwischen-

mitteln voneinander getrennt sind, baut man gewöhnlich in zwei Abteilungen ab. Werden beide zusammen abgebaut, so fährt man die Strecken nur in der unteren auf und bricht von Zeit zu Zeit zur Einleitung des Abbaues nach der oberen über. Der Abbau der oberen Abteilung erfolgt immer etwas früher, und die dort gewonnenen Massen werden durch die Rollen in die auf den Förderstrecken stehenden Fördergefäße gestürzt. Beim Abbau des unteren Flözes dient das Zwischenmittel als Dach. Auch fängt man wohl mit dem Abbau des unteren Flözes an, es wird dann entweder das obere Flöz samt dem Zwischenmittel auf Stempel gestellt und rückwärts gewonnen, oder die abgebauten Räume des unteren Flözes werden mit Bergen versetzt und darauf wird zum Abbau des oberen Flözes verschritten. Im letzteren Falle pflegt zwar die Gewinnung des oberen Flözes erleichtert zu werden, aber zu gleicher Zeit kommt wohl auch dessen Dach in Bewegung, so daß große Vorsicht gegen Steinfall geboten ist.

Pfeilerbau auf Braunkohlenflözen. Der Pfeilerbau auf Braunkohlenflözen erhält seinen eigenartigen Charakter wesentlich durch die Natur des Hangenden, welches i. d. R. aus Thon oder Sand, z. T. in der Form von Schwimmsand besteht. In diesem Falle sind vor dem Zubruchegehen der Pfeiler Vorkehrungen gegen das Eindringen des Schwimmsandes in die Baue zu treffen. Diese bestehen darin, daß man alles vorbereitet, um die einmündenden Strecken durch Dämme aus starken Bohlen abzusperren; zum Verstopfen der Ritzen wird Stroh bereit gehalten. Es ist wohl zu beachten, daß die Verteilung des Schwimmsandes im Deckgebirge eine sehr ungleichmäßige sein kann, deshalb ist stete Vorsicht geboten. Durch einen nicht gehörig beobachteten Bruch können Hunderte von Metern Streckenlänge mit Schwimmsand zugeschoben werden.

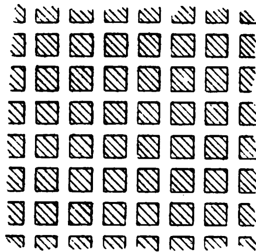
Flöze bis zu 4 und 5 *m* Mächtigkeit baut man im ganzen ab. Die Abbaufelder werden durch Auffahren sich

kreuzender Strecken in Pfeiler von 2 bis 4 *m* im Quadrat geteilt; von einer Strecke aus wird zunächst in die Höhe gebrochen, dann zum Abbau des Pfeilers verschritten und so viel Kohle gewonnen, bis das Dach hereinbricht; unter Umständen ist es nötig, am Dach Kohle anzubauen, auch zwischen den einzelnen Abbauen zur besseren Unterstützung des Hangenden kleine Kohlenpfeiler — Beine — zu opfern. Hierdurch kann der Abbauverlust bis 25 % Höhe erreichen.

Bei sehr mächtigen Flözen wird entweder abteilungsweise abgebaut, die oberen Abteilungen zuerst; man opfert dann in jeder der unteren Bauabteilungen je $^1/_2$ bis 1 *m* Kohle, die als Dach für den Abbau der unteren Abteilung dienen muß, oder es wird die ganze Mächtigkeit z. B. im nördlichen Böhmen 12 bis 16 *m* durch sogenannten Kammerbau auf einmal gewonnen. Man teilt durch Strecken, die auf dem Liegenden aufgefahren werden, Pfeiler von 10 *m* und mehr im Quadrat ab, dann werden in jedem Pfeiler zunächst die untersten 2 *m* Flözhöhe abgebaut und der obere Flözteil auf Stempel gestellt. Entweder brechen nach dem Rauben der Stempel die oberen Kohlenschichten allmählich nach und werden von den einmündenden Strecken aus weggefüllt, oder man muß, um das Nachbrechen zu beschleunigen, den Gebirgszusammenhang zunächst dadurch lockern, daß an ein oder zwei Stößen des Pfeilers einige Meter in die Höhe geschlitzt wird, bis die hangenden Bänke anfangen, sich los zu ziehen; erst dann erfolgt das Rauben der Stempel. Schließlich bricht in beiden Fällen mit den obersten Kohlenschichten das Dachgebirge herein und macht den Abbau unzugänglich. Auch bei dem Kammerbau müssen zwischen den einzelnen Kammern Pfeiler zum Schutz gegen den Bruch geopfert werden; da dieselben sich nach oben consolartig verbreitern, kann der Abbauverlust 25, selbst 50 % betragen.

Örterbau. Sollen beim Pfeilerbau einzelne Teile des Hangenden nicht zu Bruche gebaut werden, so müssen

die betreffenden Flözteile ganz oder z. T. unabgebaut bleiben. Im letzteren Falle durchfährt man den betreffenden Feldteil mit breiten Strecken und läßt die zwischen denselben verbleibenden Pfeiler stehen. (Fig. 80). Die Strecken werden, wenn möglich versetzt. Liegen die Flöze tief genug unter Tage, so kann man auch die ganze Lagerstätte abbauen und thunlichst bald, ohne die Zimmerung zu rauben, dichten Bergeversatz einbringen, doch ist hierbei die Verwendung von viel klaren Massen unerläßlich.


Fig. 80 Örterbau.

b) Der Stockwerksbau.

Der Stockwerksbau wird fast nur in Stöcken, Stockwerken und in mächtigen Lagern angewendet, wenn in der überhaupt geringwertigen, aber standfesten Masse reichere Mittel unregelmäßig verteilt sind. Man geht vom Schachte aus mit Sohlstrecken in saigeren Abständen von etwa 20 *m* in die Lagerstätte und stellt beim Anfahren bauwürdiger Mittel durch „Übersichbrechen" Weitungen bis zu 16 *m* Höhe und 12—18 *m* Weite her. Von diesen aus werden wieder, doch ohne Regelmäßigkeit, söhlige Strecken getrieben und in anderen Mitteln neue Weitungen angelegt. Die zwischen denselben belassenen Pfeiler sollen genügende Stärke behalten, um den ganzen Bau zu tragen. (Fig. 81.) Fallen beim Stockwerksbau Berge, so werden dieselben in den Weitungen zu Pfeilern aufgesetzt und dienen den Arbeitern als Standort beim Überbrechen, auch werden sie wohl später bis an die Firste der Weitung nachgeführt, um als Unterstützung zu dienen.

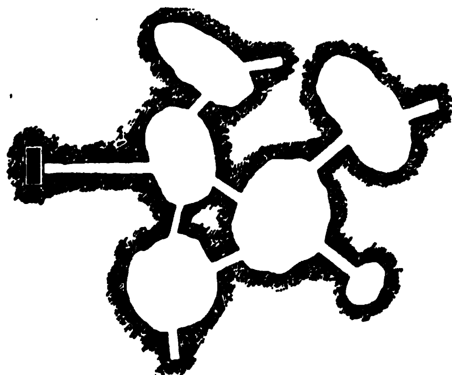


Fig. 81. Stockwerksbau.

Der fortgesetzte Stockwerksbau veranlaßt leicht, wenn die Pfeiler nicht stark genug belassen werden, um längere Zeit dem Gebirgsdrucke Widerstand zu leisten, Tagebrüche, die sich zuweilen, wie infolge des Abbaues der Zinnstockwerke zu Geyer und Altenberg im Erzgebirge, zu großen Bingen erweitern.

c) Weitungsbau.

Der Weitungsbau unterscheidet sich vom Stockwerksbau namentlich durch größere Regelmäßigkeit, er wird auf mächtigen, durchweg bauwürdigen Lagerstätten betrieben, so auf dem Kieslager im Rammelsberge bei Goslar und auf vielen Steinsalzwerken; auch in unterirdischen Kalkwerken wird er angewendet. Die Pfeiler werden im Vergleiche zur Größe der Weitungen kleiner als beim Stockwerksbau bemessen und stehen in den verschiedenen Sohlen übereinander. Bei großem Werte der Lagerstätte oder bei klüftigem Gebirge werden wohl einzelne Pfeiler mitgewonnen und als Ersatz Material zum Bau künstlicher Pfeiler von über Tage her in die Grube geschafft.

d) Der Bruchbau.

Der Bruchbau findet zur Gewinnung von Massen Anwendung, deren natürlicher Zusammenhang bereits aufgehoben ist, sei es, daß eine Lagerstätte aus stark zerklüfteten Massen besteht, sei es, daß durch früheren Bergbau ausgedehnte Brüche entstanden sind. Man geht von einem im festen Gestein geteuften Schachte aus mit Ortsbetrieben mittels Getriebezimmerung in die Bruchmassen hinein und füllt die hereinrollenden Massen fort, so lange sie die Verarbeitung lohnen. Aus einem solchen Orte, — Schubort genannt, da die Massen gewissermaßen hineingeschoben werden — kann oft jahrelang gefördert werden. Hört das Hereinrollen auf, oder werden die Massen taub, so geht man mit einem Suchorte im Bruche weiter vor, bis man wieder gewinnbare Massen antrifft. Stößt man hierbei auf feste Massen, so wird Schießarbeit angewendet.

In dieser Weise wird der Galmeistock am Altenberge bei Aachen abgebaut; auch der Abbau der in der großen Binge zu Altenberg im Erzgebirge befindlichen Bruchmassen, welche Zinnerz führen, geschieht durch Bruchbau.

3. Abbau mit Zuhilfenahme des Wassers.

Sinkwerksbau nennt man den Abbau von unreinen Salzlagerstätten durch Auslaugen mittels Wassers und Überführens des Salzes in Lösung; der beigemischte Thon (Laist) sinkt im Wasser zu Boden und bleibt in den Abbauen (Werken) als teilweiser Versatz zurück. Die Salzsole (Salzlösung) wird durch Versieden in den Sudhäusern auf Salz zu Gute gemacht. Dieses Verfahren ist in den Salzthonstöcken (Haselgebirge) der bayrischen und österreichischen Alpen üblich.

Die Sohlenbildung erfolgt gewöhnlich durch übereinander gelegene Stölln; mit der Anlage der Werke schreitet man von der oberen nach den tieferen Sohlen fort, zudem beginnt die Vorrichtung (Veröffnung) von

Werken in den äußeren Teilen des Salzstockes. Von einer Hauptstrecke aus wird durch eine Anzahl sich rechtwinklig kreuzender Strecken eine elliptische Fläche, ähnlich wie beim Örterbau (vgl. Fig. 80 S. 120), in Pfeiler geteilt. Dann wird die Hauptstrecke durch einen Damm, Wehr genannt, so geschlossen, daß ein Zugang zum Werke darüber hinweg noch möglich ist. Von einer oberen Sohle führt in das Werk eine einfallende Strecke, der sogen. Ankehrschurf, durch welchen die Füllung mit süßem Wasser stattfindet. Zunächst läßt man das Wasser nicht bis an das Dach (Himmel) steigen, damit nur die bei der Vorrichtung belassenen Pfeiler ausgelaugt werden; erst wenn dies geschehen ist, läßt man das Wasser den Himmel berühren. Man unterscheidet unterbrochene (intermittierende) und ununterbrochene (continuierliche) Wässerung. Bei dem ersten Verfahren füllt man das Werk mit Wasser, und entleert es erst, wenn die Sole sich gesättigt hat. Hierauf wird der Laist eingeebnet und das Wehr erhöht, auch können Stellen der Ulmen, die zu stark angegriffen wurden, vor weiterem Angriff durch Aufbringen von Laist geschützt werden. Dann füllt man das Werk von neuem mit Wasser. Die Ulmen nehmen bei fortgesetztem Betriebe in der Regel eine starke Neigung nach außen an, so daß sich der Durchmesser des Sinkwerkes von ursprünglich 30—40 *m* auf 100 *m* erweitert. Die Sole wird durch Rohre mit Hahnverschluß, welche in den Wehren verlegt sind, nach vorheriger Klärung in sogen. Abseihekästen abgelassen. Als Material zu den Wehren dient der Laist.

Bei der ununterbrochenen Wässerung läßt man im hinteren Teile des Werkes beständig süßes Wasser zufließen und durch das Wehr Sole abfließen, doch soll diese beständig den Himmel berühren. Die Werke haben eine Höhe von 2—3 *m* und werden verlassen, wenn die Fläche des Himmels etwa 10000 *qm* erreicht hat, durch Aufführen von Pfeilern schützt man denselben vor dem zu Bruche gehen.

4. Tagebau.

Tagebaue sind an der Erdoberfläche zur Gewinnung nutzbarer Mineralien hergestellte Räume, welche den freien Himmel über sich haben. Man wendet den Tagebau bei Lagerstätten an, die zu Tage anstehen oder mit so wenig Gebirge bedeckt sind, daß dessen Entfernung vorteilhafter ist als unterirdischer Abbau; oft geht der Tagebau in den Steinbruchbetrieb über.

Die einfachste Art des Tagebaues „der oberflächliche Tagebau“ findet auf anstehende Lagerstätten Anwendung, wie Torf, Raseneisenstein und Seifen. Das Stechen des Torfes und das Graben von Raseneisenstein wird in der einfachsten Weise ausgeführt; falls thunlich, entwässert man die Lagerstätte durch Abzugsgräben. Seifen werden häufig mit Zuhilfenahme des Wassers gewonnen. (vgl. S. 87.)

Ist die Lagerstätte, wie oft Braunkohlenflöze, durch mächtigere Schichten überlagert, so wird Aufdeckarbeit angewendet. Von dem Verhältnisse der Mächtigkeit des Deckgebirges zur Mächtigkeit der Lagerstätte hängt es ab, ob Aufdeckarbeit oder unterirdischer Abbau am Platze ist. Die Vorteile der ersteren sind reine und leichte Gewinnung der Lagerstätte, Ersparung des Ausbaues, leichte Beaufsichtigung der Arbeiter und das Fortfallen der Beleuchtung während des Tages, dagegen kann der Einfluß der Witterung nachteilig werden, auch sind größere Massen zu bewegen. Der Abraum wird bei bedeutender Mächtigkeit in Strossen geteilt, auch ist demselben der Standfestigkeit entsprechende Böschung zu geben, er wird auf dem kürzesten Wege in die abgebauten Räume verstürzt. Nur bei Inangriffnahme eines Tagebaues muß der erste Abraum aufgestürzt werden. Zur Förderung desselben verwendet man vorteilhaft Eisenbahnen und Kippwagen. Zwischen Abraum und Abbaustoß ist eine Berme, d. h. ein wagrechter Absatz, zu belassen. Tagebaue sind

da, wo Wege oder Wohnplätze in der Nähe sind, durch Einfriedigungen abzusperren.

Beim Abbau wird, falls die Lagerstätte weniger als 6 *m* mächtig ist, die ganze Mächtigkeit auf einmal gewonnen. Bei noch beträchtlicherer Mächtigkeit ist die Lagerstätte ähnlich wie beim Pfeilerbau stroßweise oder firstweise abzubauen; die erstere Abbauweise ist sicherer, die letztere billiger, sie wird im nördlichen Böhmen vielfach angewendet. Die Wasserhaltung bewirkt man

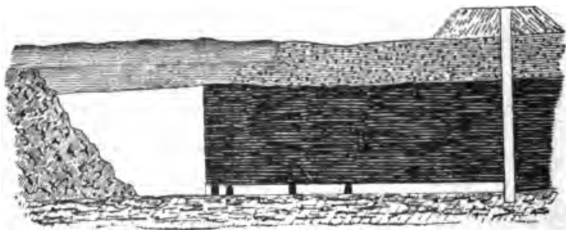


Fig. 82. Braunkohlentagebau.

durch Stölln oder Pumpen. Die Förderung geschieht auf schiefen Ebenen über den Abraum hinweg, z. T. mittels Haspelberge, oder in Schächten, welche mit dem Tagebaue durch Strecken verbunden und in Teilen der Lagerstätte niedergebracht werden, die erst nach längerer Zeit zum Abbau gelangen (Fig. 82). Wird mit dem Fortschreiten des Tagebaues das Deckgebirge mächtiger, so geht man wohl zum unterirdischen Abbau über.

Fast in allen bergbautreibenden Ländern kommt Aufdeckarbeit in größerem Umfange vor.

V. Der Grubenausbau.

Allgemeines.

Die ausgehauenen Grubenräume müssen, um ihren Zweck zu erfüllen, eine Zeitlang offen erhalten werden und dem Gebirgsdrucke widerstehen.

Namentlich in festem Gebirge sucht man durch die Form der Grubenräume die Gesteinsspannung zu erhöhen, man nimmt die Abmessungen thunlichst klein und wählt runde (bei Schächten) oder gewölbte Querschnitte (bei Strecken). Weitere Mittel, um die in Benutzung stehenden Grubenbaue offen zu erhalten, sind: das Belassen von Sicherheitspfeilern und Bergfesten, das Anbauen von Kohle am Hangenden oder an der Sohle, die Mitgewinnung gebrächer hangender Schichten und das Versetzen der abgeworfenen Baue mittels Bergen.

Manches Gebirge, das bei der Gewinnung fest erscheint, verwittert unter dem Einflusse von Luft und Feuchtigkeit in sehr kurzer Zeit, so daß Firste und Stöße nicht mehr den nötigen Halt haben; andere Gesteine, namentlich gewisse Schieferthone der Steinkohlenformation, quellen durch Wasseraufnahme; manche Kohlen neigen zur Selbstentzündung besonders wenn Rußklüfte vorhanden sind. In den genannten Fällen kommt man zuweilen schon durch thunlichste Beschränkung der Wetterversorgung zum Ziel; ferner kann man die Gesteinsflächen mit Mörtel bewerfen, die Klüfte damit ausfüllen. Oft muß man dazu verschreiten, recht bald Mauerung herzustellen, wie denn sehr häufig das Offenerhalten der Grubenbaue nur durch den Ausbau möglich ist.

Der Grubenausbau kann entweder in Holz (Zimmerung), in Stein (Mauerung) oder in Eisen ausgeführt werden. Eine besondere Art des Ausbaues ist der wasserdichte, er soll nicht nur den Gebirgsdruck aufnehmen, sondern auch das Wasser abhalten. Der Gruben-

ausbau dient oft auch den Zwecken der Förderung, Fahrung und Wasserhaltung namentlich in den Schächten.

Die ältesten Formen des Grubenausbaues sind Zimmerung und Mauerung, der Eisenausbau hat sich erst in den letzten Jahrzehnten eingebürgert, er nimmt bei gleicher Widerstandskraft den kleinsten Raum ein, schon einen größeren bedarf die Zimmerung, meistens noch mehr die Mauerung. Eisenausbau und Zimmerung lassen sich schneller herstellen als Mauerung. Während starker Druck alle drei Arten des Ausbaues gefährdet, unterliegt Zimmerung außerdem der Fäulnis; Eisenausbau hält gegen saure Wasser nicht lange Stand. Das Auswechseln (Ersetzen) schadhaften Ausbaues ist bei Zimmerung am einfachsten, bei Mauerung und Eisenausbau umständlicher; bei letzterem müssen stark verbogene Teile oft erst mit dem Schrotmeißel zerkleinert werden, damit man sie entfernen kann. Verlorenen Ausbau nennt man einen vorläufigen, der zuweilen dem endgiltigen vorausgeht; so werden Grubenräume bis zur Fertigstellung der Mauerung häufig durch verlorene Zimmerung offen erhalten. In den meisten Fällen wird der Ausbau in den bereits hergestellten freien Raum eingebaut, d. h. er folgt der Gewinnung der Massen nach. In seltenen Fällen, so bei losem, rolligem oder stark wasserführendem Gebirge, geht der Ausbau der Gewinnung voraus, indem Teile desselben in die Massen hineingetrieben werden und dann erst deren Gewinnung erfolgt. In dieser Weise wird verfahren bei der Getriebe-Zimmerung, beim Niederbringen von Senkschächten u. s. w.

Die Materialien und Gezähe zum Grubenausbau.

Zimmerung.

Das Material für die Zimmerung sind die verschiedenen Holzarten und zwar Nadel- und Laubholz. Von den Nadelhölzern werden am häufigsten Fichte

und Tanne, seltener Kiefer, von Laubhölzern fast nur Eiche zum Grubenausbau verwendet. Die Nadelhölzer haben vor dem Laubholz den Vorzug des geraden Wuchses. Fichte, Tanne und Kiefer nennt man auch weiches, Eiche dagegen hartes Holz.

Im allgemeinen ist das dichteste und harzreichste Holz das beste, das dichte Holz nennt man auch feinjähriges im Gegensatz zum grobjährigen, schnell gewachsenen. Wesentlich für die Benutzung ist der Preis des Holzes, man verwendet daher nicht selten für untergeordnete Zwecke das billige in der Nähe der Grube wachsende Holz, auch wenn es nicht sehr haltbar ist. So wird in Saarbrücken vielfach das spröde Buchenholz zu Stempeln in den Abbauen benutzt.

Die Dauer der Zimmerung ist unter verschiedenen Umständen sehr verschieden. Holz kann:

durch den Druck zerbrochen oder
durch Fäulnis zerstört werden.

Bezüglich der Fäulnis unterscheidet man nasse Fäulnis, das eigentliche Verfaulen, und trockene Fäulnis, das Vermodern des Holzes. Das Verfaulen tritt am ehesten ein, wenn das Holz abwechselnder Nässe und Trockenheit ausgesetzt ist und bald warm, bald kalt wird. Ein Gegenmittel besteht darin, daß man die Zimmerung, um sie beständig feucht zu erhalten, bewässert, man läßt zu diesem Zwecke aus Rohrleitungen, die an die Pumpensätze angeschlossen sind, feine Wasserstrahlen gegen das Holz ausspritzen.

Das Vermodern ist eine Folge der Zersetzung der Säfte des Holzes und wird durch feuchte und warme Wetter begünstigt, möglichst saftfreies Holz ist dem Vermodern am wenigsten ausgesetzt. Demnach ist im Winter gefälltes Holz vorzuziehen, auch ist es wichtig, das Holz vor dem Einbau durch Lagerung an freier Luft austrocknen zu lassen. Die beste Vorkehrung ist das Entfernen der Säfte aus dem Holze, indem man in der Faserrichtung Dampf hindurchpreßt, auch wird wohl das

Holz mit fäulniswidrigen Stoffen getränkt (imprägniert). Bewährt haben sich als Imprägnierungsmittel: Kochsalzlösung, Eisen- und Kupfervitriol, Chlorzink, auch Kreosot.

Das Holz wird auf den Gruben entweder als Stammholz angekauft und muß dann erst vorgerichtet werden, oder es wird bereits geschnitten angeliefert. Man unterscheidet im allgemeinen Rundhölzer mit Baumkante und geschnittene Hölzer und zwar Ganzhölzer, Halbhölzer und Viertelhölzer, je nachdem aus einem Stamme ein oder mehrere Hölzer geschnitten werden. An geschnittenen Hölzern werden ferner im Bergbau gebraucht: Schwarten, Bretter und Pfosten (Bohlen), auch Latten, die drei zuerst genannten können gesäumt sein oder nicht. Gerissenes Holz wird seltener verwendet.

An **Gezähen** zur Bearbeitung des Holzes wird neben der zweiseitig geschliffenen Axt auch vielfach das einseitig geschliffene Beil benutzt. Als Handsäge läßt sich besonders gut die Bügelsäge in der Grube führen; der Bügel, in den das Blatt eingespannt ist, besteht aus einem jungen Buchenstämmchen und ist zum Halbkreise gebogen. Die Zähne der Sägen stehen abwechselnd etwas nach außen, damit das Sägenblatt nicht klemmt, man sagt die Säge ist geschränkt. Ferner braucht der Zimmerling ebenso wie der Grubenmaurer Sperr- oder Stichmaße zum Abnehmen der Längen, die Setzwage und das Lot zur Bestimmung der wagrechten und lotrechten Richtung, den Gradbogen zur Bestimmung einer bestimmten Neigung, auch Tonnenlage genannt. Zum Vorrichten der Widerlagsflächen dienen Schlägel und Eisen oder an Stelle des letzteren der Steinmeißel.

Ausbau in Eisen.

Als Material für den Ausbau in Eisen werden soweit thunlich gebrauchte Landes-Eisenbahnschienen als Stempel bezw. Kappen, Grubenschienen als Verzug ver-

wendet. Eisenbaue für bestimmte Querschnitte, wozu am häufigsten Winkel-, U-, T- und Doppel-T-Eisen (Walzeisen) dient, werden gewöhnlich fertig zur Grube angeliefert.

Zur Bearbeitung des Eisenmaterials, die wegen der großen Schwierigkeit gern vermieden wird, dienen Schrotmeißel und Hammer. Zum Geraderichten erhitzt man verbogene Eisenteile in besonderen Glühöfen.

Mauerung.

Die für die Mauerung nötigen Materialien sind Steine und Mörtel; Mauerung ohne Mörtel heißt trockene im Gegensatz zur nassen Mauerung, die mit Bindemittel ausgeführt wird.

Die Steine sind entweder natürliche, Bruchsteine, oder künstliche, Ziegel. Bruchsteine müssen entweder lagerhaft sein und werden dann unbearbeitet verwendet, oder sie müssen sich leicht zu Quadern bearbeiten lassen. Die Ziegel werden in Deutschland gewöhnlich in den Abmessungen $6 \times 12 \times 25$ *cm* gefertigt; andere Ziegel nennt man Formziegel. Gewölbeziegel haben keilförmigen Querschnitt. Ziegel müssen, damit der Mörtel bindet, porös sein, übrigens gerade Kanten und ebene Flächen haben. Besonders gut gebrannte Ziegel nennt man Klinker.

Den Mörtel unterscheidet man in Luftmörtel und Wassermörtel oder hydraulischen Mörtel, ersterer erhärtet zwar an der Luft, würde aber in frischem Zustande im Wasser zerfallen, letzterer erhärtet auch unter Wasser.

Der Luftmörtel besteht aus gebranntem und dann gelöschtem Kalkstein mit einem Zusatze von Sand und Wasser. Das Brennen des Kalksteins geschieht in besonderen Öfen, das Löschen des Kalkes in Erdgruben oder in Kästen durch Übergießen mit Wasser bei stetem Umrühren. Man unterscheidet fetten und mageren Kalk; ersterer löscht sich leicht, vermehrt dabei sein Volumen sehr bedeutend und verträgt bei der Mörtel-

bereitung bis zu 3 Teilen Sand. Letzterer löscht sich schwer; man fügt bei der Mörtelbereitung höchstens 1 Teil Sand hinzu. Zur Beimengung dient am besten scharfkantiger Sand, beim Erzbergbau werden vielfach die Berge aus den Setzwäschen hierzu verwendet, sofern sie frei von Schwefelkies sind.

Zur Bereitung von hydraulischem Mörtel dient ein Kalkstein von bestimmtem Gehalte an kieselsaurer Thonerde. Derartige natürliche Kalksteine nennt man nach dem Brennen und Mahlen Romanzement, künstliche derartige Mischungen heißen Portlandzement. Zemente müssen trocken aufbewahrt und sofort nach der Mengung mit Sand (2—3 Teile) und Wasser auch verbraucht werden, da sie sonst durch Erhärten unbrauchbar werden. Um Zement auf seine Güte zu prüfen, rührt man eine kleine Menge gut mit Wasser an und bringt die Masse nach etwa 5 Minuten ins Wasser; es darf ein Abbröckeln nicht stattfinden und der Zement muß bereits nach einigen Stunden so hart sein, daß er Eindrücke mit dem Fingernagel nicht annimmt.

Zur Ausfüllung kleiner und unregelmäßiger Räume, namentlich bei wasserdichtem Abschluß, wird Beton verwendet, ein Gemisch etwa von 1 Teile hydraulischem Mörtel, 3 Teilen Sand, 5 Teilen Klarschlag von $^1/_4$ Faustgröße und dem nötigen Wasser.

Die Gezähe des Maurers sind der Maurerhammer, einerseits mit Schneide, andererseits mit Bahn versehen, ferner Mörtelkellen verschiedener Form, breitere zur Mauerung selbst, schmälere zum Fugen.

1. Zimmerung.

Die Zimmerung wird entweder in den bereits vorhandenen freien Raum eingebaut, also nach der Gewinnung der Massen ausgeführt, oder sie geht der Gewinnung voraus, indem Teile der Zimmerung in die anstehenden Massen hineingetrieben und diese dann erst gewonnen

werden. Die zweite Art der Zimmerung nennt man Getriebezimmerung, sie wird nur in losen oder rolligen Massen angewendet.

a) Zimmerung in Abbauen.

Die Zimmerung in den Abbauen hat den Zweck, das freigewordene Hangende oder hangende Schichten der Lagerstätte eine Zeit lang zu unterstützen, oder die rolligen Massen benachbarter Brüche von den im Verhiebe stehenden Abbauen fernzuhalten.

Je nach der Beanspruchung nennt man ein frei eingebautes Holz Stempel, wenn es den Gebirgsdruck hauptsächlich in der Längsrichtung (Faserrichtung) aufzunehmen hat, oder man nennt es Bolzen, wenn der Druck vorzugsweise senkrecht zur Faserrichtung wirkt, z. B. die Bruchbolzen beim Pfeilerbau.

Die Unterstützung des Hangenden erfolgt durch Stempel, welche zweckmäßig in die Sohle eingelocht werden; ist der Druck stärker, so wendet man noch Anpfähle am Hangenden, bei weicher Sohle auch Fußpfähle an (Fig. 83.). Der Stempel wird bei flachfallender Lagerstätte senkrecht zwischen das Hangende und Liegende gestellt, bei steil einfallenden Lagerstätten, also namentlich im Gangbergbau stellt man den Stempel um etwa 5—10° steiler, damit er bei einer Senkung des Hangenden nicht den Halt verliert. Ist das Hangende klüftig, so baut man statt mehrerer Anpfähle durchgehende Unterzüge ein und verzieht wohl auch noch die Felder zwischen diesen. Gegen den benachbarten Bruch, auch alter Mann genannt, stellt man Bruchbolzen und zwar zweckmäßig unabhängig vom sonstigen Ausbau, damit etwaiger Druck auf die Bruchbolzen sich dem letzteren nicht mitteilt. Werden die Bruchbolzen sehr lang, so strebt man sie gegen den gegenüberliegenden Stoß oder gegen Firste und Sohle ab (Fig. 84.).

Das Rauben der Zimmerung in den Abbauen geschieht, um das Zubruchegehen des Hangenden zu be-

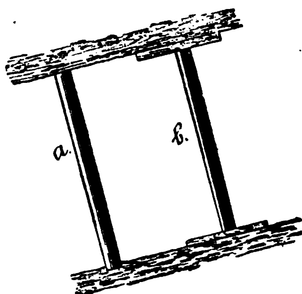


Fig. 83.
a Stempel, b Stempel mit Anpfahl und Fußpfahl.

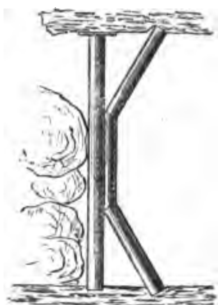


Fig. 84.
Bruchbolzen, gegen Firste und Sohle abgestrebt.

schleunigen und um möglichst viel Holz wiederzugewinnen; es wird am besten zu einer Zeit ausgeführt, wenn in der Grube wenig Lärm verursacht wird. Das allmähliche Zubruchegehen des Hangenden giebt sich nämlich zunächst durch leises Knistern, später durch lautere Geräusche zu erkennen, auf die sorgfältig geachtet werden muß. Es sind zum Rauben langgestielte Gezähe zu verwenden und es ist Geleucht zu benutzen, welches ein gutes Beobachten der Firste gestattet. Das Rauben der Hölzer beginnt an der dem Fluchtwege gegenüberliegenden Seite; man sucht die Stempel ganz zu gewinnen, indem man am Fuße Luft macht und sie wegschlägt, oder mittels angeschlagenen Seiles umzieht. Haben die Stempel mehr Druck angenommen, so müssen sie nahe dem Fußende eingehackt und dann herausgezogen werden; eingeklemmte Hölzer werden wohl durch Dynamitschüsse freigemacht. Das Rauben ist eine sehr gefährliche Arbeit und sollte nur von durchaus erfahrenen Leuten ausgeführt werden.

Das geraubte Holz kann noch weiter verwendet werden, z. B. auf Flözen von geringerer Mächtigkeit wieder als Stempel, zur Vieleckszimmerung (vgl. S. 138) oder, nachdem es gespalten worden ist, zu Anpfählen,

Fußpfählen u. s. w. Auch benutzt man es wohl, um an sehr druckhaften Stellen Holzstöße, sogen. Holzpfeiler aufzuführen, indem man die Hölzer in Lagen kreuzweise übereinanderlegt und die Zwischenräume mit Bergen ausfüllt. Solche Holzpfeiler halten viel Druck ab, bilden aber beim Entstehen von Grubenbrand eine sehr große Gefahr.

b) Zimmerung in Strecken.

Die Zimmerung in Strecken bezweckt sehr häufig wie z. B. im Gangbergbau nur eine Verwahrung der Firste und besteht dann aus den nötigen Firstenstempeln, auf welche der Verzug zu liegen kommt. Derartigen Ausbau nennt man auch Kastenzimmerung. Firstenstempel werden verlegt in Bühnloch a und Anfall b (Fig. 85). Das Bühnloch bildet im Gestein, eine Vertiefung, welche das eine Ende des Stempels vollständig aufnimmt, der Anfall ist eine gegen die Längsrichtung des Stempels schräg geneigte Fläche, gegen welche derselbe angetrieben wird. Gewöhnlich findet der Stempel am Anfall auch etwas Auflager; zuweilen werden auch Firstenstempel mit zwei Fußpfählen verlegt.

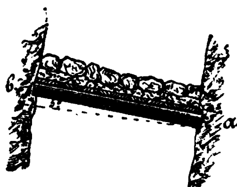


Fig. 85.
Firstenstempel in Bühnloch a und Anfall b.

Soll außer der Firste auch ein Stoß der Strecke verwahrt werden, so stellt man unter den Firstenstempel ein Bein. Die Verbindung beider Hölzer heißt wohl halber Thürstock, der Firstenstempel auch Kappe, und das Bein dann Thürstock im engeren Sinne oder Stempel.

Sollen beide Stöße, unter Umständen auch die Sohle verwahrt werden, so wendet man ganze Thürstöcke oder Geviere, auch Baue genannt, an. Der Zwischen=

raum zwischen zwei Gevieren heißt ein Feld. Beim Geviere nennt man das Holz in der Firste die Kappe, die Hölzer an den Stößen heißen Thürstöcke im engeren Sinne oder Stempel, das Holz an der Sohle Grundschwelle. Grundschwellen pflegt man nur bei weicher Sohle anzuwenden, die Thürstöcke stehen dann gewöhnlich senkrecht; fehlt die Grundschwelle, so erhalten die Stempel etwas Hang nach innen und werden in die Sohle eingelassen. Die Kappe wird entweder auf die glatt abgeschnittenen Stempel aufgelegt, es wird jedoch hierdurch keine feste Verbindung erreicht und die Kappe kann leicht vom Stempel abgedrückt werden; oder es wird eine wirkliche Verbindung der Kappe mit den Thürstöcken durch Scharung oder durch Überblatten hergestellt. Bei der Scharung wird das obere Ende des Stempels durch 2 Sägeschnitte (Fig. 86) oder besser durch Aushacken (Fig. 87) mittels des Beiles so vorgerichtet, daß die Kappe ein festes Auflager findet. Macht sich Seitendruck auf die Stempel geltend, so schlägt man vor die Stempel Nägel mit starken Köpfen in die Kappe oder es werden dicht unter der Kappe Spreizen zwischen die Stempel eingelegt, damit dieselben nicht so leicht in die Strecke hineingedrückt werden können.

Bei der Verbindung von Kappe und Stempeln durch Überblatten wird an beiden Hölzern senkrecht zur Faserrichtung ein Sägeschnitt ausgeführt, (die dadurch entstehenden Flächen heißen das Eingeschnittene oder das Eingeschneide), dann werden an der Kappe das Blatt, mit welchem sie auf dem Stempel ruht, und an dem Stempel das Gesicht, mit welchem sich dieser gegen das Eingeschneide der Kappe legt, durch Abspalten hergestellt (Fig. 88). Lange Kappen werden durch einen Mittelstempel unterstützt; namentlich bei zweitrümigen Strecken und bei sehr starkem Druck werden je 3 oder 4 Kappen durch einen Unterzug verstärkt — am zweckmäßigsten ein Rundholz, von dem eine Schwarte abgeschnitten wird — und erst unter diesen die



Fig. 86. Geschnittene Schar.



Fig. 87. Gehackte Schar.



Fig. 88. Überblatteter Thürstock mit Schwartenverzug. a Streben.

Mittelstempel gestellt. Ist Schub, d. h. Druck in der Längsrichtung der Strecke zu befürchten, so werden die Baue durch Streben gegeneinander abgespreizt; diese sollen thunlichst Kappe und Thürstock fassen.

Hat das Dach ein stärkeres Einfallen, so muß der eine Thürstock langes Holz erhalten, d. h. der Sägeschnitt ist schräg gegen die Faserrichtung zu führen (vgl. Fig. 70 S. 101).

Firste und Stöße zwischen zwei Gevieren werden durch den Verzug gesichert. Derselbe besteht je nach dem vorhandenen Druck aus Abschnitten von Stangen, sogen. Spitzen, aus Schwarten oder Brettern, manchmal aus Knütteln, selten aus gespaltenem Stammholz. Der Verzug ist nur dann dicht, wenn das Gebirge aus losen Massen besteht, gewöhnlich läßt man zwischen den einzelnen Verzugshölzern Zwischenraum. Die Hohlräume zwischen Verzug und Stoß sind mit Bergen gut zu verfüllen.

Bei sehr starkem Gebirgsdrucke stellt man wohl Bau neben Bau, der Verzug kommt dann naturgemäß in Fortfall, da Kappe an Kappe liegt und Thürstock an Thürstock steht. Derartigen Ausbau nennt man Zimmerung in ganzem Schrot. Durch eingezogene Sparren kann dieser Ausbau noch verstärkt werden (Fig. 89), doch erfordert derselbe sehr viel Holz, wenn auch die

Sparren aus geraubtem Holze geschnitten werden können. Doch selbst dieser so starke Ausbau wird durch bedeutenden Gebirgsdruck trotz guter Hinterfüllung oft in kurzer Zeit zerdrückt. In solchen Fällen hat sich auf Steinkohlengruben die Vieleckszimmerung in ganzem Schrot (Polygonbau) sehr gut bewährt. Aus 8 vollkommen gleich — nach Schablone mit der Kreissäge —

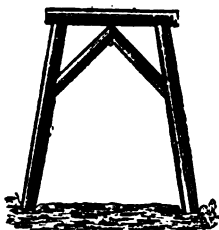


Fig. 89.
Gescharter Thürstock mit Sparren.

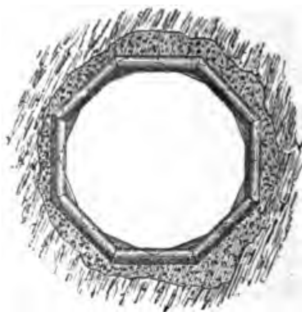


Fig. 90.
Vieleckszimmerung.

geschnittenen Hölzern werden Achtecke zusammengesetzt von 1·5 bis 1·8 *m* lichter Weite; die Hölzer haben abwechselnde Lage (Fig. 90). Dieser Bau kann ganz aus geraubtem Holze hergestellt werden und kommt deshalb wesentlich billiger zu stehen als Thürstockzimmerung in ganzem Schrot. Bei sorgfältiger Hinterfüllung mit klaren Bergen stehen die Strecken sehr gut, überdies ist der Querschnitt für Wetterstrecken besonders geeignet.

c) Zimmerung in Schächten.

Zimmerung wird als endgültiger (definitiver) Ausbau in Schächten gewöhnlich nur bei rechteckigem Querschnitte angewendet. Während man bei rundem Querschnitte acht- oder zehneckige Zimmerung zum vorläufigen

(verlorenen, provisorischen) Ausbau verwendet, giebt man zum endgültigen Ausbau der Mauerung und dem Ausbau in Eisen den Vorzug, weil beide vor der Zimmerung die Vorteile haben, daß sie sich besser der Kreisform anpassen lassen und fast gar keine Ausbesserungen erfordern.

Die rechteckige Schachtzimmerung besteht aus einzelnen Gevieren, deren jedes sich entsprechend dem Schachtquerschnitte aus zwei langen und zwei kurzen Hölzern, auch Jöcher oder Schenkel genannt, zusammensetzt. Die Hölzer werden durch Überblatten und zwar durch Einschneiden bis zur halben Holzstärke mit einander verbunden. Je nachdem bei der Schachtzimmerung Joch auf Joch liegt, oder aber die einzelnen Jöcher durch Bolzen gegen einander abgesteift und die Felder verzögen werden, unterscheidet man ganze Schrotzimmerung und Bolzenschrotzimmerung.

Diese Arten von Schachtausbau werden jedoch nur für druckhaftes Gebirge, also hauptsächlich für den Kohlenbergbau angewendet. In standfestem Gestein stehen die Schachtstöße auch ohne Ausbau und die Einstriche sollen nicht sowohl den Gebirgsdruck aufnehmen, als vielmehr zum Einbau der Leitbäume, der Fahrung und der Wasserhaltungsmaschinen dienen. Hier sind nur die Schachtköpfe gut zu sichern, sie werden gewöhnlich in Mauerung gesetzt, die auf dem festen Gestein ruht (vgl. S. 95).

Die Schachtzimmerung beginnt über Tage mit dem Legen des ersten Gevieres, des Tagejoches a, seine Hölzer sind wesentlich länger als diejenigen der Schachtjöcher und finden ihr Auflager auf den Haldenmassen. Nach dem Tagejoche wird die Lage der sämtlichen anderen Geviere durch sorgfältiges Einloten bestimmt. Die Schrotzimmerung (Fig. 91 und 92) wird bei stärkerem Drucke angewendet und in Rundholz oder in beschlagenen Hölzern ausgeführt. Beim Abteufen des Schachtes legt man allemal in bestimmten Abständen ein Hauptjoch b, auch Tragejoch genannt, dessen kurze

Schenkel gegen das Gestein ähnlich wie Firstenstempel in Bühnloch und Anfall verlegt werden, so daß jedes Tragejoch bis zum nächst höheren die dazwischen liegenden Jöcher trägt. Verloren eingebaute Geviere sind solche, die zunächst nicht auf einem Tragejoche aufliegen, sondern an den nächst höheren mittels Klammern u. dgl. angehängt oder von der Schachtsohle aufgestemmt werden. Besonders wichtig ist es, daß jedes Joch söhlig liegt und der Zwischenraum zwischen der Zimmerung und den Gesteinsstößen dicht mit Bergen versetzt oder mit Lehm ausgestampft wird.

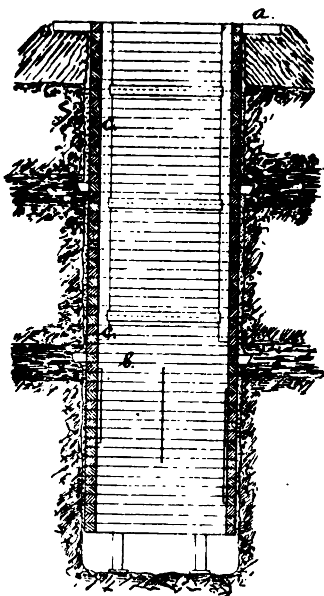


Fig. 91. Schrotzimmerung.

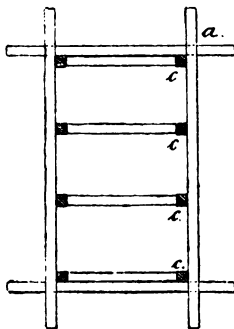


Fig. 92. Grundriß.

Bei der **Bolzenschrotzimmerung** (Fig. 93) verlegt man einzelne Geviere in bestimmten Abständen auf Tragestempel, steift sie gegeneinander durch Bolzen ab und verzieht darauf je nach der Natur des Gesteins die Felder dicht oder mit Zwischenräumen. Bei dichtem Verzuge müssen die Enden der

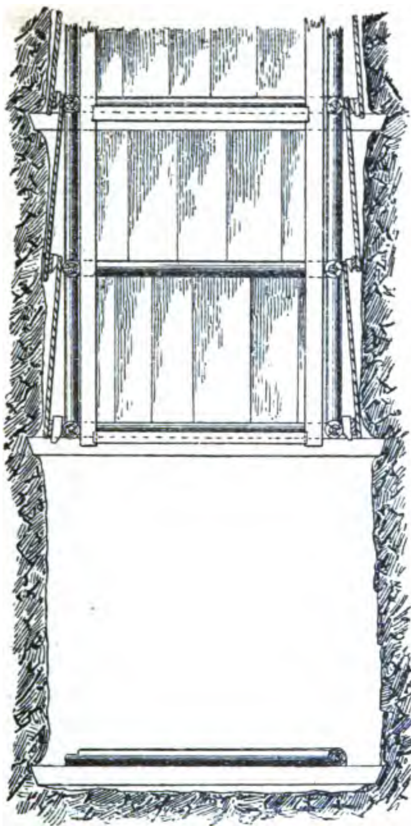


Fig. 93. Bolzenschrotzimmerung.

Verzugbretter, auch Pfähle genannt, hinter den Jöchern übereinander greifen und ein Jedes durch Einschlagen zweier Keile in seiner Lage erhalten werden. Diese ist naturgemäß eine geneigte und man nennt das söhlige Maß, um welches ein Pfahl aus der senkrechten Lage nach außen hinübergreift, die Pfändung.

Um bei der Schachtzimmerung eine seitliche Verschiebung der Jöcher durch den Gebirgsdruck thunlichst zu verhüten, baut man Wandrutenstränge (c in Fig. 91, 92. S. 140) ein; sie bestehen aus starken beschlagenen Hölzern, die senkrecht übereinander stehen. Von Zeit zu Zeit sind sie auf Tragestempel aufgesetzt, welche wie die kurzen Hölzer der Tragegeviere an den festen Schachtstößen widerlagern; durch Stempel oder Einstriche werden sie gegen die langen Jöcher gedrückt. Wandruten bringt man in den Schachtecken und nahe der Mitte der langen Jöcher an. Auch die Schachteinstriche dienen zur Verspreizung der langen Jöcher.

In Schächten, in welchen viel Traufwasser niedergeht, legt man von Zeit zu Zeit Wasserjöcher ein. Dieselben bestehen gewöhnlich aus Eichenholz und haben zur Wasseransammlung eine Rinne, aus welcher das Wasser in Lutten dem nächsten Pumpensatze zugeführt wird. Durch Verletten der Wasserjöcher gegen die Stöße und durch Anbringen von Traufbrettern wird die Wasseransammlung begünstigt.

d) Getriebezimmerung.

Die Getriebezimmerung wird in losen Massen angewendet, wie Sand, Gerölle, Bruchmassen, auch in Schwimmsand, wenn derselbe wenig Wasser führt. In sehr wasserreichem Gebirge ist auch das Abtreibeverfahren nicht mehr möglich, es muß dann nach den später zu besprechenden Methoden (vgl. S. 158) vorgegangen werden.

Durch die Getriebezimmerung soll der betreffende Grubenraum dicht gegen die losen Massen verkleidet werden; der Vortrieb erfolgt derart allmählich, daß ein Nachstürzen der losen Massen in den offenen Raum verhindert wird. In Strecken wird in den einfachsten Fällen nur an der Firste abgetrieben z. B. beim Aufgewältigen von Strecken in altem Bergeversatz beim Gangbergbau, dazu kommt unter Umständen das Abtreiben der Stöße

und auch der Sohle. Beim Schachtabteufen werden alle Stöße gleichmäßig abgetrieben.

Soll nur die Firste abgetrieben werden, während feste Stöße vorhanden sind, so verlegt man zuerst einen Ansteckstempel a (Fig. 94), über welchem die Pfähle des ersten Feldes in die losen Massen vorgetrieben werden. Die Pfähle sind starke, glatt behobelte Bretter,

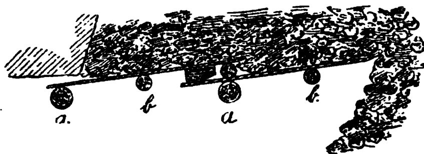


Fig. 93. Abtreiben der Firste.

die vorn, um das Eindringen in die Massen zu erleichtern, so geschärft sind, daß die Schneide den Pfahl nach außen weist, da der Druck der auf demselben lagernden Massen ihn nach innen zu drücken bestrebt ist. Während ein Arbeiter die nebeneinanderliegenden Pfähle mit dem Treibefäustel vortreibt — es werden hierbei die Schläge nicht auf die Pfahlköpfe, sondern auf vorgelegte Brettstücke geführt — macht der andere, je nach der Natur der Massen, mit einem Schrämspieß, einer Brechstange oder mit einem Spaten vor den Pfahlspitzen Aufraum. Hierbei ist besonders darauf zu achten, daß die hinteren Pfahlenden mittels Spreitzen oder Keile niedergehalten werden, damit die Pfähle in die richtige geneigte Lage kommen. Sind sämtliche Pfähle 10—15 *cm* vorgerückt, so wird weggefüllt, und so weiter verfahren, bis die Pfähle auf die halbe Länge vorgetrieben sind, dann verlegt man unmittelbar unter den Spitzen derselben ein Hilfsholz b. Nunmehr können die auf zwei Hölzern ruhenden Pfähle vollends vorgetrieben werden, unter die Spitzen legt man das Pfändeholz c, womit das erste Feld fertig gestellt ist.

Um weiter abzutreiben ist nun zunächst unter dem Pfändeholz und zwar um die Pfahlstärke tiefer ein neues Ansteckholz zu verlegen und das Vortreiben der Pfähle des zweiten Feldes erfolgt wie vorher. Das Niederhalten der hinteren Pfahlenden wird durch das erste Hilfsholz erleichtert; später, wenn das zweite Hilfsholz verlegt ist, kann man zwischen die Pfähle des ersten und zweiten Feldes noch Pfändekeile einlegen, die nur beim Vortreiben gelockert werden. Zwischen Pfändeholz und Ansteckholz werden die Pfahlköpfe zum Schluß durch schwache Holzkeile, Zwickkeile, festgelegt.

Als Beispiel der Getriebezimmerung beim Abtreiben aller vier Stöße soll ein Getriebeschacht benutzt werden (Fig. 95). Ist ein solcher fertig gestellt, so gewährt der Ausbau denselben Anblick wie Bolzenschrotzimmerung mit dichtem Verzuge, jedes Feld bildet eine abgestumpfte Pyramide. Der wesentliche Unterschied zwischen beiden besteht in der Art des Einbaues. Bei der Bolzenschrotzimmerung kann für ein oder mehrere Felder Schachtraum ausgehauen werden, die Schachtstöße bleiben zunächst unverwahrt und die Felder werden in den freien Raum eingebaut, zuerst die Geviere nebst Bolzen, dann der Verzug. Bei dem Abteufen eines Schachtes mittels Getriebezimmerung ist der Vorgang gerade umgekehrt, zuerst müssen allmählich die Pfähle für ein neues Feld vorgetrieben werden, dann können innerhalb derselben die Massen ausgeschachtet und schließlich die Hölzer des Gevieres verlegt werden.

Die Geviere für Schachtgetriebezimmerung bestehen aus beschlagenen Hölzern und sind überblattet; sie vertreten die Stelle der Ansteckhölzer beim Abtreiben der Firste. Wie bei der Bolzenschrotzimmerung sind Bolzen vorhanden; die Pfähle eines Stoßes bilden zusammen ein Trapez, damit auch in den Ecken ein dichter Zusammenschluß erfolgt; die Eckpfähle erhalten daher Trapezform und müssen beim Anstecken etwas schräg nach

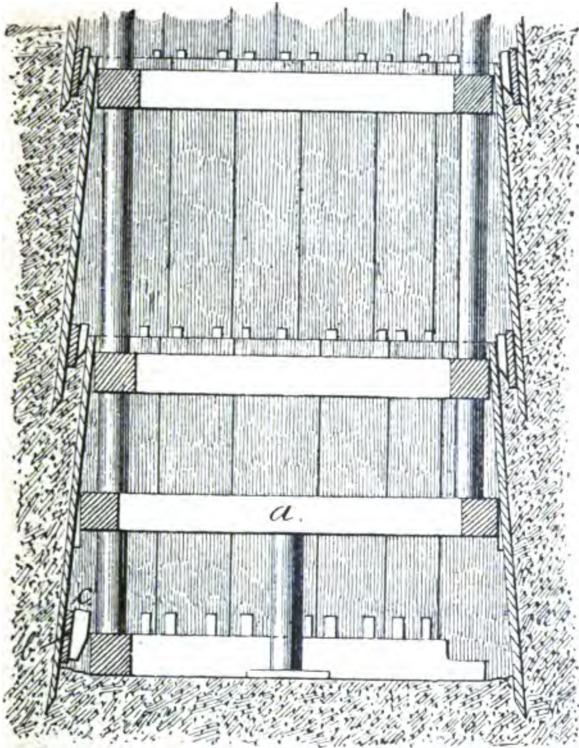


Fig. 95. Getriebeschacht.

der Ecke zu gestellt werden. Zur *Pfändung* gehören Pfändekeile, Pfändebretter und Zwickkeile. Ferner ist entsprechend dem Hilfsholz ein *Hilfsgeviere* a nötig, welches allerseits um die halbe Pfändung größer ist als die Hauptgeviere, dazu gehören Hilfsbolzen. Geviere und Pfähle werden über Tage genau zusammengepaßt und die einzelnen Felder und ihre Teile derart durch Num-

mern und Buchstaben bezeichnet, daß sie beim Einbau ebenso verwendet werden können, wie sie zusammenpassen. Die Bezeichnung muß zur Controle nach dem Einbau sichtbar bleiben. Führt das Gebirge Wasser, so ist Stroh und Moos zum Verstopfen etwaiger Öffnungen nötig, hierbei soll jedoch nur der Sand zurückgehalten werden, das Wasser aber abfließen können.

Ist bei der Getriebearbeit ein neues Joch auf der Schachtsohle verlegt worden, so ist dasselbe zunächst durch Pfändebretter b und Pfändekeile c gegen die Pfähle des letzten Feldes fest zu legen, dann werden die einzelnen Hölzer an den höheren Jöchern aufgehängt. Hierauf wird das Hilfsjoch herausgenommen, die Bolzen werden eingesetzt und man beginnt mit dem Anstecken der Eckpfähle für das neue Feld. Zu diesem Zwecke werden die Pfändekeile an einer Stelle entfernt, der neue Pfahl wird in den entstehenden Raum eingebracht und an seinem unteren Teile durch Zwickkeile zwischen dem Gevierholz und dem Pfändebrett festgehalten. Am oberen Teile des Pfahles wird zur Erhaltung der richtigen Lage beim Vortreiben ein Pfändekeil gegen die Pfähle des letzten Feldes eingelegt; auf diese Weise wird trotz des Druckes der Massen auf das vordere Ende des Pfahles die richtige Pfändung erreicht. Nachdem die Eckpfähle ein Stück vorgetrieben sind, werden auch die Mittelpfähle angesteckt. Das Vortreiben der Pfähle erfolgt unter wiederholtem Lösen und Anziehen der Zwickkeile, gleichzeitig wird an der Schachtsohle ausgeschachtet. Sind die Pfähle auf die halbe Länge vorgetrieben, so wird das Hilfsjoch gelegt, dann erst erfolgt das weitere Vortreiben der Pfähle, bis ein weiteres Joch eingelegt werden kann.

Bei der Abtreibezimmerung können selten Tragejöcher gelegt werden, da die Stöße keinen Halt bieten, es muß deshalb die Schachtzimmerung aufgehängt werden; die Wandruten sind thunlichst schnell einzubringen. Das Aufhängen der Zimmerung geschieht an über den Schacht gelegten Rüstbäumen oder bei größeren Aus-

führungen an aufgestellten Sprengwerken. Das betreffende Joch wird durch passende Hölzer unterfangen und letztere an Seilen oder zusammengeschraubten Stangen aufgehängt; außerdem werden die Jöcher bis zum Einziehen der Wandruten durch Klammern miteinander verbunden.

Bei größerem Wassergehalte des Gebirges müssen zum Verschließen der Schachtsohle Z u m a c h e b r e t t e r und passende S p r e i z e n zum Abfangen der ersteren gegen das nächste Schachtjoch angewendet werden. Um auszuschachten hebt man ein Brett heraus, gewinnt etwa 10 *cm* tief die Massen, legt das Brett mit längeren Spreizen wieder ein und verstopft die Öffnungen mit Stroh. So wird allmählich die ganze Schachtsohle um 10 *cm* tiefer gelegt, dann werden zunächst die Pfähle vorgetrieben, worauf wieder das Tieferlegen der Sohle u. s. w. folgt.

Ist wegen des Nachquellens der Massen auch dieses Verfahren nicht anwendbar, so kann man zur K l ö t z e l - V e r t ä f e l u n g der Sohle verschreiten. Es werden parallelepipedische Holzklötze von 25 bis 30 *cm* im Quadrat und 30 bis 40 *cm* Länge reihenweise nebeneinander mit der Ramme in die Sohle eingetrieben. Die Klötze haben in der Mitte je ein Loch von 3 bis 5 *cm* Weite, aus dem während des Einrammens Wasser und Schwimmsand tritt, während es sonst mit Stroh verstopft ist.

Bei derartigen Arbeiten ist zur Wasserhaltung eine starke Abteufpumpe nötig. Trotzdem ist es oft mit außerordentlichen Schwierigkeiten verknüpft, die Wasser zu halten und den Schacht weiter zu verteufen. Man stellt dann wohl den Abteufbetrieb eine Zeit lang ein, hebt jedoch die Wasser. Auf diese Weise gelingt es zuweilen, das G e b i r g e soweit zu e n t w ä s s e r n, daß nach einiger Zeit der Abteufbetrieb mit Erfolg wieder aufgenommen werden kann.

2. Ausbau im Eisen.

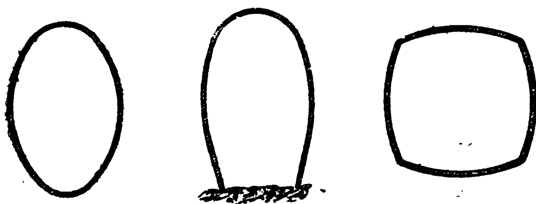
Eisenausbau eignet sich am besten als Ersatz für Zimmerung an Orten, wo diese leicht fault, auch bei mäßigem Druck als Ersatz für Mauerung. Bei bedeutendem Druck ist Eisenausbau nicht zweckmäßig, denn auch der stärkste Eisenbau wird verbogen und es ist dann schwierig die Baue auszuwechseln; ein Weghacken zur einstweiligen Aushilfe wie bei Zimmerung ist auch nicht möglich. Eisenausbau ist ebenso schnell hergestellt wie Zimmerung, viel schneller als Mauerung und nimmt von allen Arten des Ausbaues am wenigsten Platz ein.

Streckenausbau.

In festem Gestein dienen beim Gangbergbau statt der hölzernen Firstenstempel dergleichen aus Eisenbahnschienen, die Felder werden mit gebrauchten Grubenschienen abgedeckt, auf welche Gesteinsschalen gelegt und dann die Berge gestürzt werden.

Bei der Thürstockzimmerung verwendet man Eisenbahnschienen sowohl einzeln, als auch paarweise zu Kappen in Verbindung mit hölzernen Thürstöcken. Um den Druck gleichmäßig auf die ganze Stärke der Thürstöcke zu verteilen, legt man unter die Schienen eine eiserne Platte. Selten werden ganze Thürstöcke aus 3 Schienen gebildet, da die feste Verbindung derselben umständlich ist.

Dagegen werden zum Streckenausbau vielfach Streckenbogen aus Landeseisenbahnschienen oder aus U-Eisen angewendet, jeder Bau besteht aus einzelnen Bögen, die durch Verlaschung, ähnlich wie die Schienen der Landeseisenbahnen, mit einander verbunden werden. Die Gruben beziehen von den Eisenwerken die fertigen Bögen einschließlich Verlaschung. Dem Streckenquerschnitt nach unterscheidet man geschlossene und offene Baue (Fig. 96—98). Der Verzug ist gut mit klaren Massen



Eisenausbau.

Fig. 96. Ellipse, geschlossener Bau für eintrümige Strecke.

Fig. 97. Offener Streckenbogen.

Fig. 98. Geschlossener Bau für zweitrümige Strecke.

zu hinterfüllen und wird entweder hinter die Streckenbogen oder in die Schienenhälse eingebracht. Einen vollständig geschlossenen Bau für eintrümige Strecken nennt man auch Ellipse, die geschlossenen Baue für zweitrümige Förderung sind aus 4 Bögen zusammengesetzt; die ungleichschenkligen offenen Baue haben den Zweck, auch die Wassersaige an einem Stoße zu bilden.

Eisenausbau in Schächten.

In rechteckigen Schächten werden zuweilen eiserne Jöcher aus Landeseisenbahnschienen, Doppel-T-Eisen auch U-Eisen angewendet. Die Verlaschung erfolgt durch Winkellaschen oder z. T. unmittelbar in der Art, daß an den Enden der Jochschenkel so viel Material fortgenommen wird, bis ebene Flächen entstehen; als Verzug wendet man gewöhnlich eichene Bohlen an.

Besonders wichtig ist der Eisenausbau für runde Schächte (Fig. 99), er hat vor der Mauerung viele Vorzüge. Da der Eisenausbau weniger Platz einnimmt, so wird bei gleicher lichter Schachtweite der Durchmesser, nach welchem bei Eisenausbau geteuft wird, wesentlich kleiner als bei Mauerung. Ferner kann der Eisenausbau während des Teufens sofort endgiltig eingebaut werden und der Schacht ist viel früher betriebs-

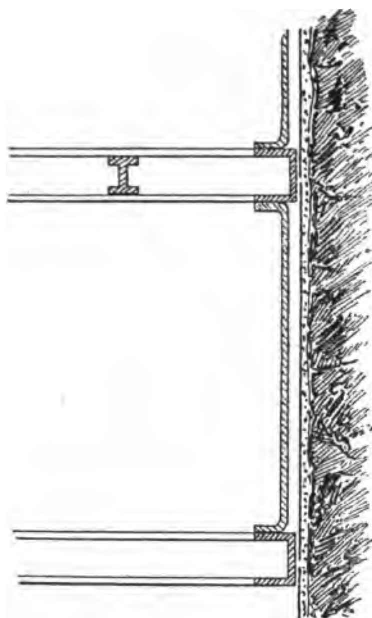


Fig. 99.
Eiserner Schachtausbau.

fähig, als wenn erst in Holz verloren ausgebaut und dann gemauert wird.

Die einzelnen Schachtringe bestehen aus starkem U-Eisen und sind je nach dem Durchmesser in drei oder mehrere Teile zerlegt, die Verbindung erfolgt durch U-förmige Laschen. Die Bolzen bestehen ebenfalls aus U-Eisen und sind an beiden Enden zur besseren Verbindung mit den Jöchern umgebogen. Einstriche und Tragestempel sind aus Doppel-T-Eisen gefertigt, zum Verzuge dienen Eisenbleche. Auch Bühnen, Fahrten und die Leitungen für die Fördergestelle sind in Eisen hergestellt; die Verbindung der einzelnen Teile erfolgt durch Schraubenbolzen. Dieser Ausbau wird in allen seinen Teilen genau abgepaßt bezogen, auch die Löcher für die Schraubenbolzen sind gebohrt, mit Ausnahme derjenigen für die Leitungen. Diese müssen, nachdem der Ausbau völlig fertig ist, genau nach dem Lote eingebaut werden. Der Einbau läßt sich sehr schnell ausführen, es werden gewöhnlich drei Felder auf einmal eingebaut, indem zunächst der unterste Schachtring in richtigem Abstande auf Trage-

stempel verlegt wird und auf diesen die übrigen Teile aufgesetzt werden, bis oben der Anschluß an den schon fertigen Ausbau bewirkt ist.

3. Mauerung.

Man unterscheidet Mauerung mit und ohne Bindemittel, die erstere heißt nasse, die zweite trockene Mauerung. Der Form nach unterscheidet man Scheibenmauer und Gewölbemauer. Der wesentliche Unterschied bei beiden Arten der Mauerung besteht darin, daß die Scheibenmauer auf der Sohle ruht und jeder Stein dem nächstoberen lediglich zur Unterlage dient, während die Gewölbemauer gewöhnlich auf geneigten Flächen, den Widerlagern ruht, und die einzelnen Steine sich hauptsächlich seitlich gegeneinander stützen. Bei allen Arten von Mauerung ist auf den Verband, d. h. das Wechseln der Fugen zu achten.

Man spricht von geradstirniger und krummstirniger Scheibenmauer; bei der ersteren ist die Vorderfläche eben, bei der letzteren wird dieselbe nach einer eigenartig gekrümmten Linie, der Kettenlinie ausgeführt. Scheibenmauern finden Verwendung zur Sicherung der Stöße, z. B. in Strecken, in Strebbauen und an den kurzen Stößen flacher Schächte.

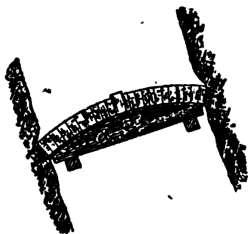


Fig. 100.
Mauerbogen.

Die Gewölbemauerung wird entweder als Mauerbogen oder als geschlossene Mauerung ausgeführt. Für einen Mauerbogen (Fig. 100) sind zunächst in festem Gestein Widerlager herzurichten, dann stellt man die Lehrbögen auf und bringt die Verschalung an, welche aus Latten besteht. Die Gewölbesteine werden von

beiden Widerlagern aus verlegt und der Schlußstein zuletzt eingesetzt. Ist a die Spannweite, d. h. die geradlinige Entfernung, des unteren Teiles der beiden Widerlager und b die Gewölbehöhe, d. h. der senkrechte Abstand des Gewölbescheitels von der Linie a, so nennt man das Verhältnis $b : a$ die Spannung des Bogens, sie ist desto größer zu wählen, je mehr Druck senkrecht auf die Spannweite zu erwarten ist. Ist dagegen Druck in der Richtung der Spannweite zu erwarten, so nimmt man die Spannung klein, aber die Gewölbestärke groß.

a) Mauerung in Abbauen und Strecken.

Die Sicherung der Stöße erfolgt durch Scheibenmauern; für vorübergehende Zwecke genügt trockene Mauerung aus gröberen Bergestücken, für wichtigere Zwecke wird nasse Scheibenmauer aus bearbeiteten Bruchsteinen oder aus Ziegeln angewendet. Soll die Streckenfirste verwahrt werden, wie das häufig beim Gangbergbau vorkommt, so schlägt man Tonnengewölbe an Stelle der Kastenzimmerung. Die Stellung der Firstengewölbe richtet sich, ähnlich wie die Lage der Stempel nach dem Neigungswinkel des Hangenden und Liegenden (vgl. Fig. 85, S. 135), erfahrungsgemäß giebt man auf 1 *m* Spannweite 125 bis 200 *mm* Gewölbehöhe.

Sind Stöße und Firste gleichzeitig durch Mauerung sicher zu stellen, so setzt man auf die Scheibenmauern falls nicht die Abdeckung mit Eisen vorgezogen wird, ein Firstengewölbe. In losen Massen oder in sehr druckhaftem Gebirge ist geschlossene Gewölbemauerung nach der Ellipse oder Eiform die geeignetste Mauerung; es werden gewöhnlich größere Längen auf einmal hergestellt. Die Strecken müssen verhältnismäßig weit aufgefahren und in verlorener Zimmerung ausgebaut werden, so daß

die Mauerung innerhalb der Zimmerung ausgeführt werden kann (Fig. 101). Dann wird die Zimmerung zurückgebaut und der freie Raum hinter der Mauerung dicht mit klaren Bergen ausgestampft. Zur Aufnahme des Tragewerkes pflegt man den Sohlenbogen etwas zu verstärken, so daß sich wagrechte Auflager für die Stege bilden.



Fig. 101. Geschlossene Mauerung.

b) Ausmauerung von Schächten.

Es soll hier nur der Fall besprochen werden, daß die Ausmauerung des Schachtes lediglich zur Sicherung der Stöße dient. Über die wasserdichte Mauerung vgl. S. 157.

Die Ausmauerung eines Schachtes erfolgt entweder in einem Stücke von unten nach oben, hierbei wird der Schacht vollständig fertig geteuft, in verlorene Zimmerung gesetzt und diese dann, wie die Mauer aus dem Schachttiefsten aufrückt, immer auf einige Meter zurückgebaut. Oder man kann den Schacht absatzweise vom oberen Teile beginnend ausmauern. Es wird jedesmal ein Stück Schacht geteuft und mit leichtem Ausbau versehen, dann erfolgt unter Rückbau der verlorenen Zimmerung die Ausmauerung des Schachtteiles von unten herauf, bis die Mauer an die schon vorhandene des nächst oberen Absatzes anschließt. Den wiedergewonnenen vorläufigen Ausbau kann man beim Weiterverteufen des Schachtes nochmals verwenden.

In jedem Falle ist für gute Sicherung des Mauerfußes Sorge zu tragen. Runde Schachtmauerung steht mit breitem Fuße auf festem Gestein oder auf einer Betonlage. Bei Mauerung für rechteckige Schächte giebt man jeder der vier Mauern etwas Spannung (Zirkel) und

stellt jede auf einen starken Mauerbogen mit guten Widerlagern. Um bei Herstellung der Widerlagsflächen an Arbeit zu sparen, läßt man die langen Bögen auf den kurzen widerlagern. Im allgemeinen erfordert das Hauen der Widerlagsflächen für Mauerbögen wesentlich weniger Arbeit, als die Herstellung einer ebenen Fläche für den ganzen Mauerfuß.

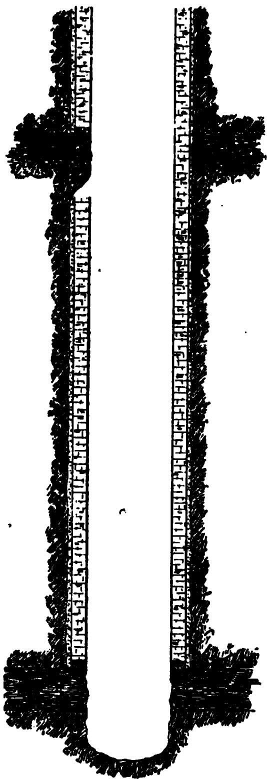


Fig. 102.
Absatzweise Ausmauerung eines Schachtes.

Eine $1^1/_2$ Steine starke Schachtmauer leistet erfahrungsgemäß bedeutendem Gebirgsdrucke Widerstand. Etwaige Zwischenräume zwischen der Mauerung und den Gesteinsstößen sind mit klaren Bergen, besser mit Beton auszufüllen. Wird der Schacht mit Einstrichen versehen, so werden diese, wie die Mauerung fortschreitet, in ausgesparte Bühnlöcher gelegt und jedesmal auf ihnen die Mauerbühne aus Pfosten hergestellt. Bleibt der Schacht, wie manchmal Wetterschächte, ohne Einbau, so wird die Mauerbühne an Seilen eingehängt und nach Bedarf mittels Haspel fortgerückt.

Die absatzweise Ausmauerung eines Schachtes während des Teufens wird im allgemeinen folgendermaßen ausgeführt (Fig. 102). Man teuft den Schacht jedesmal bis auf eine feste Gebirgsschicht und baut in verlorener Zimmerung aus. Durch die feste Schicht wird

ein Sumpf geteuft, jedoch in geringeren Abmessungen, sodaß auf der tragfähigen Gebirgsschicht eine söhlige Fläche hergestellt werden kann. Auf dieser wird ein aus einzelnen Teilen bestehender Tragekranz aus Eisen oder Holz verlegt und hierauf in bekannter Weise unter Gewinnung der verlorenen Zimmerung die Schachtmauer aufgeführt.

Beim Weiterverteufen des Schachtes bleibt unter dem Tragekranz eine Gesteinsbrust stehen, und erst unter dieser wird der Schacht erweitert, wie es die spätere Ausmauerung verlangt. Hierbei kann der im oberen Absatze zurückgebaute Ausbau wieder verwendet werden. Dann wird bei der Ausmauerung des tieferen Absatzes ebenso verfahren, wie oben beschrieben; bemerkenswert ist nur der Anschluß des unteren Absatzes an den oberen. Nachdem die Mauerung des oberen Absatzes genügend erhärtet und die untere Mauerung bis an die Gesteinsbrust aufgeführt ist, wird unter einem Teile des oberen Tragekranzes die Gesteinsbrust hereingenommen und ersterer entfernt, dann wird an dieser Stelle die Aufmauerung der unteren Mauer bis an die obere ausgeführt. Auf diese Weise vollendet man nach und nach im ganzen Schachte den Anschluß.

In ähnlicher Weise ist zu verfahren, wenn Teile eines Schachtes oder einzelne Schachtstöße durch Mauerung verwahrt werden sollen.

Schachtmauerung wird da angewendet, wo Zimmerung oder Eisenausbau dem Drucke nicht lange genug widerstehen, oder ein Auswechseln angegangener Zimmerung zu umständlich sein würde und deshalb vermieden werden soll. So werden bei Schächten, die in festem Gestein stehen, die Schachtköpfe in Mauerung gesetzt. Beim Kohlenbergbau werden Schächte, die übrigens in Zimmerung stehen, an den Füllörtern und auch da ausgemauert, wo man Flöze durchteuft, falls die Kohle in Berührung mit der Luft Veranlassung zu Brand geben kann. Auch mauert man wohl in Zimmerung ausgebaute Schächte dann aus, wenn die Zimmerung ausgewechselt werden muß.

Wasserdichter Ausbau.

Der in diesem Abschnitte beschriebene wasserdichte Ausbau ist nur anwendbar, wenn der Wasserzufluß während des Einbaues durch die Wasserhaltungsmaschinen bewältigt werden kann und man in der Nähe der Stellen, an denen das Wasser eindringt, feste Stöße hat; er hat zwar vornehmlich den Zweck, das Eindringen des Wassers auf die Dauer zu verhüten, muß aber auch den Gebirgsdruck aufnehmen, daher ist die kreisrunde Querschnittsform, welche nach allen Seiten gleichen Widerstand leistet, am vorteilhaftesten. Am häufigsten werden Schächte oder Teile derselben wasserdicht ausgebaut, seltener Strecken. Wasserdichter Ausbau, dem oft ein verlorener vorhergehen muß, kann in Holz, Eisen und Mauerung ausgeführt werden und muß den beiden Bedingungen entsprechen, daß die einzelnen Teile wasserdicht aneinander stoßen und der ganze Ausbau an beiden Enden wasserdicht an festes und wasserundurchlässiges Gestein anschließt.

Der Anschluß an das feste Gestein wird durch Trage- und Keilkränze bewirkt, die immer aus Holz- oder Eisensegmenten bestehen. Nachdem eine möglichst glatte Fläche im festen Gestein hergestellt ist — am besten durch Schlägel- und Eisenarbeit — wird der Tragekranz auf eine Schicht trockenes Moos wagerecht und so verlegt, daß hinter demselben bis an das Gestein noch allseitig etwa 8 *cm* Raum übrig bleibt. In diesen setzt man harte Pfostenstücke, bringt jedoch zwischen Gestein und Pfosten möglichst viel Moos hinein. Dann wird zum Verkeilen (Pikotieren) geschritten. Zwischen Pfosten und Keilkranz treibt man zunächst weiche, darauf harte Flachkeile ein, dann werden harte Spitzkeile (picots), für welche Löcher mit dem Pikotierhammer vorzuschlagen sind, und zuletzt wohl auch eiserne Keile zur völligen Abdichtung eingeschlagen. Auf den Keilkranz bringt man Aufsatzkränze aus Holz oder Eisen, auch kann man Mauerung aufführen. Oben schließt der Ausbau, falls er nicht bis

über Tage oder wenigstens bis zum Wasserspiegel aufgeführt wird, mittels eines zweiten Keilkranzes, der zunächst verloren aufgestemmt wird, ebenfalls an festes Gestein an, endlich wird mit einem genau abgepaßten Aufsatzkranze der Ausbau geschlossen. In manchen Fällen kann der wasserdichte Anschluß des Ausbaues an das feste Gestein durch Zement-Beton erreicht werden.

Während des Einbaues muß für den Abfluß des Wassers gesorgt werden; beim wasserdichten Holzausbau (Picotage) werden im unteren Teile Wasserrohre, im oberen Teile Luftrohre eingesetzt. Der wasserdichte Zusammenschluß der einzelnen Teile wird durch das Verkeilen aller Fugen erreicht, dann werden die Wasserrohre, und zuletzt, wenn aus ihnen voll das Wasser ausströmt, auch die Luftrohre durch trockene Holzspunde verschlossen. Es dürfen sich dann an keiner Stelle Spritzer zeigen.

Beim wasserdichten Eisenausbau werden zwischen die einzelnen Eisenteile, deren Stoßflächen etwas rauh gehalten werden, Bleiplatten eingelegt; durch Verstemmen derselben wird der Ausbau wasserdicht gemacht.

Wasserdichte Mauerung wird in gut gebrannten Ziegeln mit Zementmörtel ausgeführt, doch darf das Schließen der nach außen konisch sich erweiternden Wasserabflußöffnungen durch die vorher eingelegten Holzspunde erst erfolgen, nachdem der Mörtel gut erhärtet ist. Gewöhnlich findet beim Anspannen der Wasser zunächst ein starkes Schwitzen der Mauer statt, da das Druckwasser durch die Poren der Ziegel in kleinen Tropfen hindurchdringt; mit der Zeit läßt das Schwitzen jedoch nach, da die Ziegelporen allmählich durch aufgelöste Bestandteile des Mörtels versintern.

Für den Fall, daß beim Schachtabteufen ein so starker Wasserzudrang eintritt, daß die Pumpen das Wasser nicht wegzuheben vermögen, man also auch im Schachte nicht mehr arbeiten kann, macht sich die Anwendung der im nächsten Abschnitte beschriebenen Verfahren erforderlich.

Schachtabteufen in wasserreichem Gebirge.

Je nach der Beschaffenheit des Gebirges können verschiedene Mittel Anwendung finden. In festem Gestein, welches gut steht, können die Schächte abgebohrt und dann mit Ausbau versehen werden; in milden, sandigen oder thonigen, dabei aber wasserreichen Gesteinen, z. B. in Schwimmsand, sind Senkschächte und neuerdings das Gefrierverfahren von Poetsch, sowie das Abteufen nach Haase mittels Getrieberöhren anwendbar. Immerhin ist das Durchteufen von mächtigen Schwimmsandschichten mit großen Schwierigkeiten verknüpft. Es ist daher mit Rücksicht auf die sehr unregelmäßige Ablagerung des Schwimmsandes recht zweckmäßig, durch Tiefbohrungen mittels Wasserspülung (vgl. S. 47) einen Punkt zu ermitteln, an welchem die Mächtigkeit des Schwimmsandes eine geringe ist. Die für die Bohrungen aufgewendeten Kosten werden reichlich beim Schachtabteufen erspart.

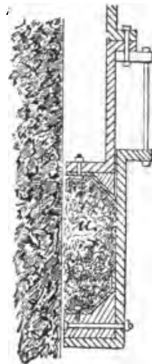
1. Schachtabteufen durch Abbohren.

Das Verfahren entspricht dem Niederbringen und Verrohren von Bohrlöchern, man hat auf diese Weise Schächte von mehr als 4 *m* Durchmesser geteuft. Durch stoßendes Bohren wird zunächst der Schachtraum hergestellt; der Bohrer ist aus einer größeren Zahl einzelner Meißel zusammengesetzt und kann ein Gewicht bis zu 20000 *kg* erreichen, das Gestänge und die sonstigen Einrichtungen müssen für dieses große Gewicht entsprechend stark sein. Beim Bohren treten nicht selten Brüche ein, es sind deshalb Fangwerkzeuge bereit zu halten, auch kann sich die verlorene Verrohrung eines Teiles des Schachtes wegen Nachfalles nötig machen, es werden in diesem Falle durch Vernietung hergestellte Eisenblechcylinder angewendet.

Ist der Schachtraum hergestellt, so wird der Schachtausbau eingesenkt. Zwischen Schachtstößen und Schacht-

ausbau verbleibt ein Zwischenraum von 20—25 *cm*. Zum Ausbau wurden früher wohl faßähnliche Körper aus Eichenholz verwendet, die mit Feder und Nut in einander paßten, jetzt wendet man jedoch ausschließlich Eisenausbau an, dessen einzelne Teile durch Verschraubung verbunden und durch eingelegte Bleiplatten gedichtet werden. Ein zu großes Gewicht des Eisenausbaues sucht man nach Chaudron dadurch zu vermindern, daß man einen verlorenen Boden einbaut und einen Teil des im Schachte befindlichen Wassers verdrängt, es ist jedoch zu beachten, daß hierdurch der Schachtausbau bereits während des Einsenkens dem einseitigen äußeren Wasserdrucke ausgesetzt wird.

Besondere Vorkehrungen sind erforderlich, um den unteren Teil des Schachtausbaues wasserdicht an wasserundurchlässiges Gestein anzuschließen. Es geschieht dies durch Einbringen von Beton zwischen Ausbau und Schachtstoß oder durch Anwendung der Moosbüchse (Fig. 103). Die letztere ist folgendermaßen eingerichtet: der unterste Ring des Schachtausbaues bewegt sich stopfbüchsenartig in dem nächstfolgenden, und zwischen äußeren Ansätzen der beiden Ringe befindet sich eine Moospackung u. Diese wird beim Aufsetzen des Ausbaues auf der Schachtsohle zwischen den Ansätzen zusammen- und gegen die Gesteinsstöße gepreßt. Der ganze Zwischenraum zwischen Ausbau und Gesteinsstößen wird mit Beton ausgefüllt, der lagenweise gut festgestampft wird. Die Sümpfung der Wasser beginnt erst, nachdem der Beton genügend erhärtet ist.


Fig. 103.
Moosbüchse.

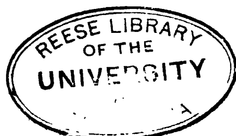
Bei glücklichen Verhältnissen stellt sich 1 *m* Bohrschachtteufe in eisernem Ausbau von etwa 3,5 *m* lichter

Weite auf 2000 Mark; doch schon bei geringfügigen Störungen kann sich dieser Betrag sehr wesentlich erhöhen.

2. Das Niederbringen von Senkschächten.

Um einen Senkschacht niederzubringen, wird zunächst in den Abmessungen des Schachtausbaues ein sogenannter Rost oder Senkschuh, gewöhnlich aus eisernen Segmenten bestehend, gelegt, welcher den Zweck hat, das Eindringen des Schachtausbaues in das Gebirge zu erleichtern. Auf dem Senkschuh wird der Schachtausbau in Mauerung oder Eisen wasserdicht aufgeführt, die Einstriche werden entweder gleich mit eingebaut oder später eingebracht, wenn das Gelingen des Schachtabteufens gesichert ist. Zu gleicher Zeit gewinnt man den Boden innerhalb des Ausbaues und letzterer sinkt nun allmählich durch sein Eigengewicht nieder oder wird durch aufgelegte Belastung niedergedrückt. Hierbei kann man unter Umständen die Wasser halten, und das Abteufen erfolgt durch Handarbeit, oder man gewinnt die Massen unter Wasser (Abteufen in toten Wassern) mit den beim Tiefbohren beschriebenen Gezähen, namentlich mit großen Sackbohrern. Sinkt der Ausbau nicht genügend oder nicht gleichmäßig nach, so macht man mit eigenartigen Gezähen unter dem Senkschuhe oder dem entsprechenden Teile desselben Aufraum. Das Niedersinken gemauerter Schächte wird befördert, wenn man die Mauer an ihrer Außenseite mit schwachen, glatt gehobelten Brettern bekleidet.

Trotzdem kommt es vor, daß ein weiteres Niedersinken des Senkschachtes nicht zu erreichen ist, in solchen Fällen hat man wohl innerhalb des ersten Schachtes einen zweiten mit entsprechend kleineren Abmessungen gesenkt und dadurch den Schacht glücklich niedergebracht. Die Festigkeit des Ausbaues kann durch



den Einbau von Ankerstangen (Fig. 104) erhöht werden.

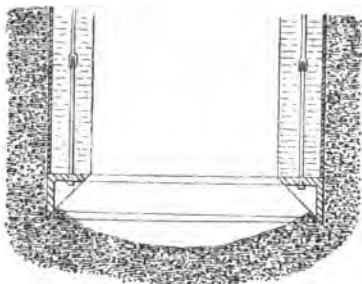


Fig. 104.
Senkschacht.

So verfährt man, bis der Senkschuh in wasserundurchlässige Schichten, z. B. Thon eindringt, oder sich auf festes Gebirge aufsetzt. Den wasserdichten Anschluß des Senkschachtes an letzteres erreicht man gewöhnlich durch Betonieren der ganzen Schachtsohle unter Wasser, nur selten, falls sich besondere Schwierigkeiten herausstellen, führt man die Abschlußarbeit in der Luftschleuse aus, was überhaupt nur bei einem Wasserdruck von höchstens 35 *m* möglich ist. Die Luftschleuse besteht aus zwei luftdicht in den Schacht eingebauten Bühnen, durch welche ebenso verwahrte Fahröffnungen und ferner zwei Rohre hindurchgehen, ein Luftrohr zum Einpumpen der zur Verdichtung der Luft unterhalb der Luftschleuse nötigen Luftmenge und ein Wasserrohr, in welchem das verdrängte Wasser aufsteigt. Über der unteren Bühne befindet sich ein Haspel zur Förderung. Die Luft unterhalb der Schleuse kann etwa bis zu $3^1/_2$ Atmosphären Überdruck gepreßt werden, wobei die Arbeiter ohne Beschwerden einige Stunden arbeiten können, doch hat man dafür zu sorgen, daß die Leute beim Ein- und Ausfahren nur allmählich dem stärkern, bezw. dann wieder dem gewöhnlichen Luftdrucke ausgesetzt werden. Ist der wasserdichte Anschluß des Senkschuhes an wasserundurchlässiges Gestein erreicht, so kann entweder ein Weiterverteufen in gewöhnlicher Weise stattfinden, wobei jedoch, um Erschütterungen zu vermeiden, die ersten Meter ohne

Anwendung der Schießarbeit gewonnen werden, oder man durchbricht den Schachtausbau und fährt Strecken auf.

Dem Niederbringen der Senkschächte stellen sich namentlich dann Schwierigkeiten entgegen, wenn die Gebirgsschichten ein erhebliches Einfallen haben, da der Senkschuh bei seinem Eindringen ungleichen Widerstand findet. Es ist in solchen Fällen öfters vorgekommen, daß der Senkschacht Risse erhielt, der Abschluß des schwimmenden Gebirges also vereitelt war.

Diesem und manchem anderen Übelstande sollte durch das geistreiche

Gefrierverfahren von Poetsch

abgeholfen werden, leider befindet sich dasselbe noch nicht in einer derartigen Ausbildung, daß der Erfolg in allen Fällen gesichert wäre.

Um die Schachtscheibe herum werden mittels Spülbohrens durch die wasserführenden Gebirgsschichten hindurch und auch noch bis in das unterliegende wasserundurchlässige Gebirge eiserne Rohre (Gefrierröhren) z. T. unter Zuhilfenahme des stoßenden Bohrens eingesenkt. Nachdem diese unten durch Holzspunde und Zement verschlossen worden sind, werden engere Röhren eingesetzt. Darauf läßt man in diesem über Tage verbundenen Röhrensystem eine tief erkaltete Flüssigkeit einen Kreislauf machen und bringt so die flüssigen Massen in der Schachtscheibe und um dieselbe herum zum Gefrieren. In dem gefrorenen Gebirge wird dann mittels Keilhauenarbeit abgeteuft und wasserdichter Ausbau eingebracht; nachdem der letztere an die tieferen wasserundurchlässigen Schichten wasserdicht angeschlossen worden ist, kann erst der Kreislauf der kalten Lösung eingestellt werden. Leider sind bei Anwendung des Verfahrens in mehreren Fällen gefährliche Durchbrüche der Eismauer erfolgt; auch haften demselben bezüglich der Schwierigkeit des wasserdichten Anschlusses des Schachtes an das wasserundurchlässige Gebirge dieselben Schwierigkeiten an, wie den vorher beschriebenen Methoden.

Das Verfahren von Haase.

Um durch wenig mächtige Schwimmsandschichten einen Schacht niederzubringen, wandte man früher das senkrechte Anstecken an; es wird durch senkrechtes Eintreiben nebeneinander gestellter Holzpfähle, die mit Feder und Nut versehen sind, eine Spundwand gebildet, welche die Hauptmenge des Wassers abhält. Wenn die Spundwand bis in wasserundurchlässige Schichten niedergebracht ist, wird innerhalb derselben ausgeschachtet und es können Geviere eingebaut werden.

Dieses Verfahren hat Haase weiter ausgebildet, indem er eiserne Rohre mit Ansätzen, die ähnlich wie Nut und Feder ineinandergreifen, sogenannte Getrieberöhren (Fig. 105—107), mittels des Spülbohrverfahrens einsenkt uud dann innerhalb der so gebildeten Spundwand ausschachtet.

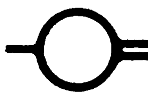




Fig. 105. Fig. 106.
Getrieberöhren für rechteckigen Schachtquerschnitt.

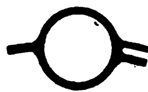


Fig. 107.
Getrieberöhren für runden Schachtquerschnitt.

Bei diesem Verfahren findet eine weitgehende Entwässerung des Gebirges statt, die für den späteren Bergbaubetrieb sehr willkommen ist. Sind die Schwimmsandschichten mächtiger, so wendet man erfahrungsgemäß besser mehrere kurze Getriebe ineinander an, als ein langes, da es hierbei vorkommt, daß die Spundwand durch Biegung eines Rohre uudicht wird; hierbei muß das erste Getriebe in entsprechend großen Abmessungen angesetzt werden.*)

*) Näheres hierüber vgl. M. Vollert, der Braunkohlenbergbau im Oberbergamtsbezirk Halle und in den angrenzenden Staaten. Festschrift zum 4. deutschen Bergmannstage 1889. S. 120.

VI. Förderung.

Unter Förderung versteht man die Fortbewegung des durch die Häuerarbeiten gewonnenen Haufwerkes (auch Hauwerk) vom Gewinnungspunkte bis zum Haldensturze, zum Orte der Verladung oder der Weiterverarbeitung (Aufbereitung). Die Verladung kann auf Fuhrwerke, Eisenbahnwagen, auch auf Schiffe erfolgen.

Bei der Förderung ist zu unterscheiden die Förderung über Tage oder Tageförderung und die Förderung unter Tage oder Grubenförderung. Die letztere zerfällt in die Förderung von den Abbauen zu den Förderstrecken, in die Streckenförderung (söhlig, fallend und ansteigend) und die Schachtförderung (seiger und flach).

Die Förderung ist überall da, wo große Massen zu bewältigen sind, wegen der Höhe der verursachten Kosten ungemein wichtig; im besonderen ist die Menge der Massen, welche der Förderung übergeben werden, thunlichst einzuschränken, daher sind Berge soweit möglich zu versetzen. Der passendste Förderweg ist zu wählen, in gutem Zustande zu erhalten und die geeignetsten Fördergefäße sind zu beschaffen; Umladen ist zu vermeiden. Außer der Menschenkraft können auch Tierkräfte und Maschinenkraft der Förderung dienstbar gemacht werden.

Die Tageförderung.

Die Förderung über Tage schließt sich in fast allen Einrichtungen der Grubenförderung an. Abweichend ist nur die Förderung auf Locomotivbahnen und auf Hochseilbahnen.

Am gebräuchlichsten sind z. B. die Hochseilbahnen mit Tragseilen und Zugseil. Die Tragseile t und t' vertreten die Stelle der Schienen und sind auf Böcken verlagert, deren Höhe und gegenseitige Entfernung sich

nach den Umständen richtet. An einem Ende der Bahn sind die Tragseile fest verankert, am anderen Ende derart belastet, daß Änderungen der Länge durch Temperaturschwankungen sich ausgleichen können; ein Tragseil dient für die vollen, das andere für die leeren Gefäße.

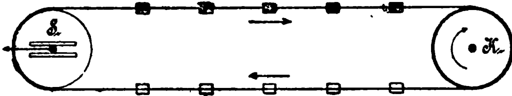
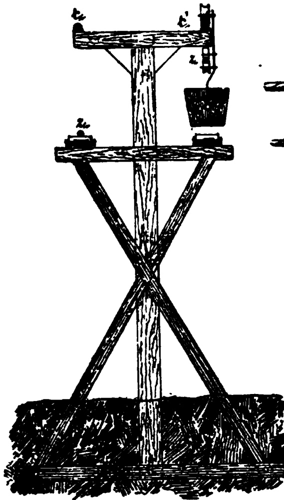


Fig. 108. Förderung mit Seil od. Kette ohne Ende.



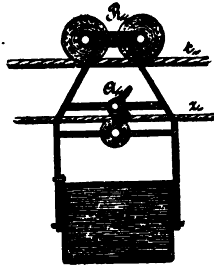


Fig. 109. Bock für Hochseilbahn. Fig. 110. Fördergefäß für Hochseilbahn.

Unter den Tragseilen läuft das Zug- oder Treibeseil z, es ist ein Seil ohne Ende, welches an dem einen Endpunkte der Bahn einige Male um den Seilkorb K der Antriebsmaschine, am anderen Ende um eine Seilscheibe S geführt ist, deren Achse zum Ausgleich der Seilspannung in einem Schlitten beweglich ist (Fig. 108). Die Fördergefäße F (Fig. 109 und 110) werden am

Zugseile angeschlagen und hängen mittels Hängestangen an zwei mit einander verbundenen Rollen R, die auf dem Tragseil laufen. An einem zwischen den Hängestangen befestigten Querarme ist die Vorrichtung A zum Anschlagen angebracht, es wird nämlich das Treibeseil zwischen eine Rolle und eine excentrische Knagge geklemmt. Die Lösung vom Treibeseile kann am Entladepunkte selbstthätig erfolgen, indem ein mit der Knagge verbundener Hebel an einen hervorspringenden Teil stößt und hierdurch das Treibeseil frei gemacht wird. Gewöhnlich laufen an den Enden der Bahn die Tragseile abwärts und die Fördergefäße werden auf hängenden Schienenbahnen zum Ladungs- oder Entladungsplatze gestoßen. Das Entladen erfolgt durch Kippen nach der Seite um eine wagrechte Achse; während der Förderung werden die Fördergefäße durch einen Vorstecker oder dergl. in ihrer Lage erhalten.

Hochseilbahnen sind auf Längen bis zu 30 *km*, jedoch in einzelnen geraden Teilstrecken von etwa 4 *km* Länge ausgeführt worden. Die freie Spannung zwischen zwei Böcken nimmt man je nach der Oberflächenbeschaffenheit bis zu 200 selbst 400 *m*, auf diese Weise ist es möglich, Flüsse, Schluchten und Thäler zu überbrücken; überhaupt sind die Hochseilbahnen zur Überwindung von Unebenheiten der Erdoberfläche sehr geeignet. Die Tragseile sind bis zu 25 *mm*, die Zugseile bis 18 *mm* stark und aus Stahl- oder Eisendraht gefertigt. Die Fördergefäße fassen etwa 0·5 *cbm*, die Förderkosten sind sehr gering und die Fördermengen können sehr bedeutend sein.

Bezüglich der sonstigen Einrichtungen bei der Tageförderung ist noch zu merken, daß Laufbrücken mit festem Bodenbelag und mit Geländern derart zu versehen sind, daß ein Hinabstürzen der Förderleute verhütet wird. Auslaufe-Eisenbahnen auf Halden sind an ihren Enden mit Vorrichtungen zum Aufhalten der Wagen zu versehen, z. B. mit festgelegten Vorlegern, oder die Schienenenden sind aufzubiegen.

Grubenförderung.

Förderung aus den Abbauen zu den Förderstrecken.

Die Förderung der gewonnenen Massen aus den Abbauen bis auf die Förderstrecken findet gewöhnlich abwärts statt. Bei einer Neigung von mehr als 45° läßt man das Haufwerk durch seine eigene Schwere in sogenannten Rollen — das sind enge flache Schächte, welche durch trockene Mauerung im Bergeversatze ausgespart oder aus Brettern gezimmert sind — bis zur Förderstrecke hinabgleiten, namentlich dann, wenn wie bei Kohlen und armen Erzen der Wert der Massen ein geringer ist. Auf der Förderstrecke ist die Rolle gewöhnlich durch eine Schiebethür geschlossen, nach Öffnung derselben fallen die Massen in die untergeschobenen Streckenfördergefäße; aus offenen Rollen fallen die Massen auf die Streckensohle und müssen in die Fördergefäße gefüllt werden.

Bei geringerer Neigung, etwa bis 10° herab, wird schleifende oder schleppende Förderung angewendet; die Fördergefäße sind Körbe, Schlepptröge, Schleppkästen, auch Schlitten (Schleppkästen mit Kufen). Als Förderbahn dient die natürliche Sohle, wenn sie eben genug ist, oder Schlepppfosten, bei seitlicher Neigung mit einer Spurleiste versehen. Die Größe der Schleppgefäße ist gewöhnlich so bemessen, daß drei oder vier auf einen Hund gehen. Der Fördermann heißt bei dieser Förderung Schlepper, er schleppt das Fördergefäß an einem über die Schulter genommenen Schleppriemen (auch Schleppkette), welcher mittels Ringes und Hakens am Gefäß befestigt ist. Durch Befeuchten der Schlepppfosten kann die gleitende Reibung wesentlich vermindert werden. Am Ende der Schleppbahn pflegt eine Sturzbühne vorhanden zu sein, um das Entleeren der Schleppgefäße in die Hunde zu erleichtern (Fig. 111).

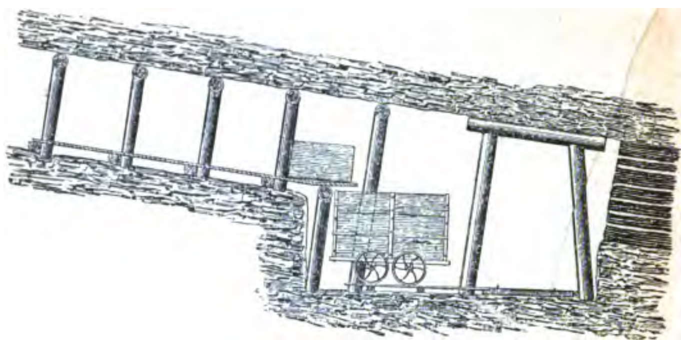


Fig. 111. Schleppbahn.

Die tragende Förderung wird für größere Massen nur noch selten bei ganz unregelmäßiger Sohle angewendet, doch werden wohl reiche Erze, um Verzettelung zu vermeiden, in Trögen oder Körben bis auf die Förderstrecke geschafft, auch ist es bei der Wegfüllarbeit zuweilen nötig, die gewonnenen Massen in Trögen ein Stück bis zu den Fördergefäßen zu tragen.

Streckenförderung.

Einrädrige Karren, sogenannte Laufkarren, dienen ausnahmsweise bei geringen Fördermengen; eine Förderbahn ist selten vorhanden, zuweilen werden Pfosten gelegt. Ein Laufkarren besteht aus dem Kasten von etwa 0·1 *cbm* Inhalt, den beiden Karrenbäumen und dem Rade mit der Welle. Der Fassungsraum kann bei specifisch leichtem Fördergute durch Aufsatzbretter vergrößert werden.

Die am häufigsten angewendeten Streckenfördergefäße sind der Hund und der Wagen.

Der ungarische Hund ist in engen Bauen und bei geringer Fördermenge in Gebrauch, wenn die Anlage

einer Schienenbahn nicht thunlich erscheint. Die Förderbahn besteht aus 26—37 *cm* breiten Pfosten. Der hölzerne Kasten von etwa 0·15 *cbm* Fassungsraum ist nach oben und nach vorn verengt, übrigens durch Eisenbeschläge verstärkt, unter dem Boden ist der Länge nach ein Bohlenstück, der Steg, mit Schrauben befestigt. An diesem sind die Achsen für die beiden Paar Räder angebracht, von denen sich das größere nahe hinter dem Schwerpunkte des beladenen Hundes, das kleinere am vorderen Teile befindet (Fig. 112 und 113). Die Räder werden durch Vorstecker oder durch am Kasten angeschlagene Wehreisen auf den Achsen festgehalten; an einem hinten befestigten Handgriffe wird der Hund beim Fördern niedergedrückt, so daß er nur auf dem größeren Räderpaare läuft. Der Handgriff erleichtert zu gleicher Zeit das Spurhalten.

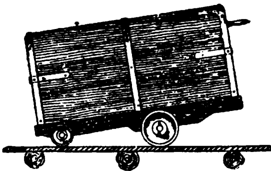


Fig. 112.

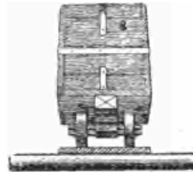


Fig. 113.

Ungarischer Hund.

Dennoch kam es häufig vor, daß der Hund von der Bahn abfuhr, man versuchte daher das Spurhalten auf verschiedene Weise zu erleichtern, am glücklichsten wohl durch das deutsche Gestänge (Fig. 114) für glatte Radreifen. Dieses wurde jedoch schnell durch das jetzt fast allgemein übliche englische Gestänge (Kopfschienen) in Verbindung mit den Spurkränzen an den Radreifen verdrängt. Die Kopfschienen werden mittels Schienennägeln auf den Stegen oder Schwellen befestigt und



Fig. 114.
Deutsches Gestänge.

gewöhnlich auf den etwas stärkeren Ortstegen stumpf aneinandergestoßen; ein Verlaschen der Schienen, wie auf Locomotivbahnen, wird wohl nur bei Pferdeförderung und bei maschineller Förderung angewendet. Den Stegen giebt man auf geradlinigen Strecken etwa 1 *m* Abstand, bei Krümmungen etwas weniger, man läßt sie in die feste Sohle ein oder verlagert sie beim Vorhandensein einer Wasserseige in Bühnloch und Anfall. In sehr niedrigen Bauen leisten eiserne Schwellen von nur 2 *cm* Höhe, auf denen die Schienen mittels aufgeschraubter eiserner Lappen befestigt werden, sehr gute Dienste.

Der deutsche Hund oder Wagen hat in den einzelnen Bergrevieren je nach den Bedürfnissen sehr verschiedene Form und Größe, er wird wegen des größeren Rauminhaltes von 0·4 bis 0·7 *cbm* jetzt überall da angewendet, wo es sich um beträchtlichere Fördermengen handelt; bei specifisch leichterem Haufwerk, z. B. Kohlen, ist der Fassungsraum größer, bei schweren Massen, wie Erzen, kleiner. Der deutsche Hund (vgl. Fig. 111 S. 168) besteht aus dem Gestell, an welchem unten die Achsen mit den gleich großen Rädern, oben der Wagenkasten befestigt ist. Die Langbäume des Gestelles, Frösche genannt, ragen auf beiden Seiten etwas über den Wagenkasten hinaus und dienen als Puffer. Entweder sind die Achsen in besonderen Lagern drehbar und die Räder fest darauf, oder die Achsen sind unverrückbar am Gestell befestigt, die Räder drehen sich auf denselben und werden durch Vorstecker in ihrer Lage erhalten. Sehr wichtig ist es, daß die Achsen, bezw. die Räder gut in Schmiere gehalten werden; es giebt eine Anzahl von Einrichtungen, welche den Zweck haben, eine größere Menge Schmiere aufzunehmen und dieselbe ganz allmählich den reibenden Teilen zuzuführen. Hierdurch wird erreicht, daß jeder Hund nur etwa alle 8 oder 14 Tage geschmiert zu werden braucht und doch leicht geht; auch wird im Vergleich zu der ursprünglichen Einrichtung, bei der die Räder ohne weitere Vorkehrung auf den Achsen sitzen, bedeutend an

Schmiere gespart. Die Spurweite schwankt zwischen 450 und 750 *mm*; sie ist bei vielen und starken Krümmungen schmal zu bemessen, in diesem Falle haben die Räder kleinen Durchmesser und stehen unter dem Wagenkasten, der Abstand der Achsen beträgt nicht viel mehr als ein Raddurchmesser. Bei geraden Strecken kann die Spurweite größer genommen werden, der Durchmesser der Räder und der Achsenabstand kann ebenfalls größer werden, der Wagenkasten steht zwischen den Rädern; bei dieser Anordnung wird der Wagen stabiler.

Die Wagenkasten sind aus Holz mit eisernen Beschlägen, aus Eisen- oder Stahlblech hergestellt, die beiden letzteren Konstructionen sind leichter, doch ist die Herstellung teurer und etwaige Ausbesserungen sind umständlicher. Das Gewicht eines leeren Hundes schwankt zwischen 270 und 350 *kg*, die Nutzlast oder Ladung beträgt etwa 500 *kg*. Zum Entleeren sind die Wagen gewöhnlich an einer Stirnseite mit Thür versehen, die an wagrechter Achse aufgeklappt und durch einen Riegel verschlossen werden kann. In Kohlengruben kommt jedoch die Thür oft in Wegfall, es werden dann die Hunde über Tage mittels Wipper entleert, d. h. sie werden in ein Gestell hineingestoßen, welches mit zwei kreisrunden Kränzen auf Rollen ruht, und durch Vorleger darin festgestellt. Darauf machen Hund und Wipper gemeinschaftlich eine volle Umdrehung um die wagrechte Achse und der Inhalt des Hundes entleert sich auf ein Stangensieb. Ferner sind an den Hunden Vorrichtungen zum Zusammenhängen (Kuppeln), sowie solche zur bequemen Handhabung, z. B. Ringe, anzubringen.

Die Förderstrecken sind entweder eingleisig, dann müssen Ausweichestellen vorhanden sein, oder zweigleisig, in diesem Falle verkehren die vollen Hunde auf dem einen, die leeren auf dem anderen Gleise. Für Abzweigungen der Gleise müssen Weichen oder Drehplatten eingebaut sein. Die Weichen haben entweder feste oder bewegliche Einlegeschienen, auch Zungen ge-

nannt (Fig. 115). Drehplatten (Fig. 116) sind starke Eisenplatten mit bogenförmigen Erhöhungen zum Einweisen der Hunde in die Gleise. Auf den Füllörtern hat man zum Ein- und Auswechseln der Hunde in die Gestelle Plattenböden, die ebenfalls mit Einweisern versehen sind.

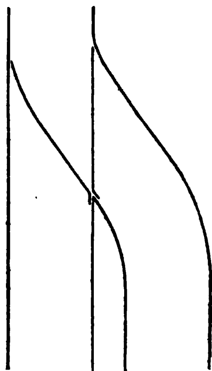


Fig. 115.
Weiche mit festen Zungen.

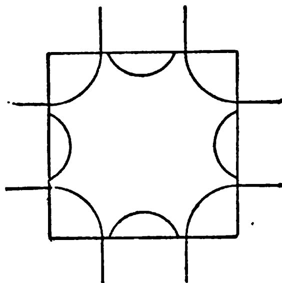


Fig. 116.
Drehplatte mit Einweisern.

Die Förderung in den Strecken geschieht entweder durch Menschen (Hundestößer, Fördermann) oder durch Pferde, auch durch Maschinenkraft.

Ein Mann stößt gewöhnlich nur einen, selten zwei Wagen, die dann gekuppelt sein müssen, und erreicht in einer Schicht eine Nutzleistung von 2 bis 4, selten und nur bei außergewöhnlich günstigen Verhältnissen von 10 *tkm.**) Für das Füllen eines Wagens mit Trog und Kratze oder mit Schaufel rechnet man etwa 15 Minuten.

---

* 1 *tkm* (Tonnenkilometer) ist die Leistung der Fortbewegung einer Tonne auf 1 *km* Weglänge. Ein Tonnenkilometer ist = 1000000 *kgm*.

Pferdeförderung und Förderung mittels Maschinenkraft wird vorteilhaft da angewendet, wo große Fördermengen mehrere Hundert Meter weit zu fördern sind. Bei der Pferdeförderung werden Züge von 15 bis 20 Wagen gebildet, zu jedem Pferde gehört ein Pferdeknecht; es muß feste Sohle, am besten aus Stein- oder Holzpflaster hergestellt werden. Kommen stärkere Neigungen der Förderbahn vor, so sind an den betreffenden Stellen Jungen zum Einstecken von Hemmprügeln in die Räder anzustellen. Falls einfallende Tagestrecken oder Stölln vorhanden sind, wie z. B. in Saarbrücken, fahren die Pferde täglich ein und aus; auf Tiefbaugruben werden sie in besonderen Förderkästen oder in Schlingen in den Schächten gehängt und verbleiben Jahre lang in der Grube, es sind dann unterirdische Pferdeställe einzurichten. Ein Pferd kann eine Nutzleistung von 40 bis 60 *tkm* in der Schicht erreichen; das Gedinge steht in Saarbrücken einschließlich des Lohnes des Knechtes je nach der größeren oder geringeren Förderlänge auf 15 bis 25 ₰ für 1 *tkm*.

Die größten Fördermengen vermag man mittels der maschinellen Förderung zu bewältigen, über Tage werden gewöhnlich Dampfmaschinen, unter Tage durch gepreßte Luft betriebene Maschinen oder elektrische Kraftübertragung angewendet. Am häufigsten wird Kette oder Seil ohne Ende benutzt und zwar Oberkette oder Unterseil. Anordnung und Bewegung des Seiles, bezw. der Kette ohne Ende, entsprechen dem bei den Hochseilbahnen (S. 165) über das Treibeseil Gesagten. Die Bahnen sind meistens zweigleisig, sodaß die vollen Wagen auf dem einen, die leeren Wagen auf dem anderen Gleise in entgegengesetzter Richtung verkehren.

An der Oberkette werden die einzelnen Wagen in gleichen Abständen mittels Kettengabel angeschlagen (Fig. 117). Münden auf die Strecken mit Kettenbahnbetrieb Seitenstrecken ein und soll an dem Streckenkreuze ein Anschlagen und Abnehmen von Hunden stattfinden,



Fig. 117. Kettengabel.

oder macht die Kettenbahnstrecke eine Krümmung, so wird die Kette über Rollen hoch geführt, die Hunde werden eine schiefe Ebene heraufgezogen (Fig. 118) und laufen dann, nachdem sich die Kette selbstthätig aus der Kettengabel herausgehoben hat, frei auf der anderen Seite hinab, bis sie wieder unter die Kette kommen und von dieser an der Kettengabel erfaßt werden.

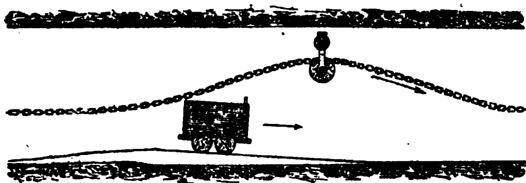


Fig. 118. Schiefe Ebene beim Kettenbahn-Betriebe.

Beim Betriebe mit Unterseil werden gewöhnlich Züge gebildet; der eine Wagen ist besonders zu dem Zwecke eingerichtet, um den Zugführer aufzunehmen und den Zug mittels einer mit Holz ausgefütterten Zange an das langsam laufende Seil anzuschlagen.

Auf der Streckensohle sind bei Seil oder Kettenbahnbetrieb Führungsrollen einzubauen, ebenso sind Signalzüge zum Stande des Maschinenwärters vorzusehen; man wendet Fördergeschwindigkeiten von 0·5 bis 3·0 *m* an, die Förderkosten betragen 4 bis 8 ₰ für den *tkm*. Ketten sind in der Anschaffung wesentlich teurer als Seile, haben aber auch bedeutend längere Dauer.

In seltenen Fällen werden beim Bergbau zur Fahrung und Förderung Kähne benutzt, z. B. auf dem unteren Teile des Rothschönberger Stolln's.

Versuche, Locomotiven mit Dampfbetrieb zur Grubenförderung zu verwenden, haben zu befriedigenden

Erfolgen nicht geführt. Neuerdings werden in Mansfeld Honigmann'sche Natronlocomotiven probeweise in der Grube verwendet.

Elektrische Locomotivbahnen scheinen sich immer mehr eine wichtige Stellung bei der Grubenförderung zu erringen. Der durch den Stromerzeuger (Primärmaschine) über Tage erzeugte elektrische Strom wird mittels der gut isolierten Leitung zur Förderstrecke geführt. Die beiden Leitungsdrähte sind hier an zwei Leitungsschienen angeschlossen, die nahe der Firste ebenfalls gut isoliert befestigt sind. Auf diesen Schienen läuft der Contactwagen, welcher der Locomotive (Stromempfänger oder Secundärmaschine) den Strom übermittelt. Auf der unterirdischen elektrischen Locomotivbahn des kgl. Steinkohlenwerkes zu Zauckeroda bei Dresden werden Züge von etwa 15 Wagen gebildet, welche die Locomotive auf dem vollen Gleise schiebt, auf dem leeren zieht; die Fördergeschwindigkeit beträgt bis 3·0 *m*. Die Förderkosten belaufen sich für 1 Förderwagen auf der 620 *m* langen Strecke einschließlich Verzinsung und Amortisation der Anlage auf 3 ₰.

Theoretische Betrachtung der zweitrümigen Schachtförderung.

Gewöhnlich findet sowohl die seigere als auch die geneigte Förderung zweitrümig statt. Die Last G oder das Gewicht, welches bei der Förderung in Frage kommt, kann in folgende Teile zerlegt werden:

Die tote Last $= G_1$, d. h. Gestell nebst Fangvorrichtung und Ketten, außerdem das leere Streckenfördergefäß oder Tonne und Ketten.

Die Nutzlast oder Ladung $= G_2$.

Die Seillast, d. h. das Gewicht eines Seilstückes von der Tiefe des Förderschachtes $= G_3$.

Von den drei genannten Teilen der Last hält sich die tote Last bei jeder zweitrümigen Förderung das Gleich-

gewicht, die Nutzlast wirkt einseitig und bleibt während der ganzen Förderung die gleiche, das Seilgewicht ändert sich jedoch während der Förderung beständig für jedes Trum und zwar zwischen den Werten 0 und G_3. Beide Seile sind im einfachsten Falle auf einer Welle (Haspelbaum, cylindrische Seilkörbe) so befestigt, daß die an ihnen hängenden Lasten an demselben Halbmesser aber in verschiedenem Drehsinne wirken. Wenn wir daher die Belastung auf der Seite des vollen Fördergefäßes mit + und diejenige auf der Seite des leeren Fördergefäßes mit — bezeichnen, so erhalten wir aus der Differenz dieser beiden Größen das Gewicht der wirklich zu hebenden Last (Förderlast) ohne Rücksicht auf Widerstände. Die Last am leeren Seile hält immer einer gleich großen Last am vollen Seile das Gleichgewicht.

1. Am Anfange der Schachtförderung befindet sich das volle Gefäß auf dem Füllorte, das leere auf der Hängebank.

Es hängt am beladenen Seile $G_1 + G_2 + G_3$,
am leeren Seile nur G_1,
es ergiebt sich also die Förderlast G als Differenz:

$$G = G_1 + G_2 + G_3 - G_1 = G_2 + G_3,$$ d. h.

die Förderlast besteht aus der Nutzlast + der ganzen Seillast.

2. Wenn sich in der halben Teufe die Fördergefäße begegnen, so hängt

am vollen Seile $G_1 + G_2 + \frac{G_3}{2}$,

am leeren Seile $G_1 + \frac{G_3}{2}$ und

es ergiebt sich $G = G_1 + G_2 + \frac{G_3}{2} - (G_1 + \frac{G_3}{2})$,

$$G = G_2,$$ d. h.

bei dieser Stellung der Fördergefäße halten sich die tote Last und die halben Seilgewichte im Gleichgewicht, die Förderlast ist gleich der Nutzlast.

3. Am Ende der Förderung, wenn das volle Gefäß soeben bei der Hängebank anlangt, ist die Verteilung der Lasten die folgende:

am vollen Seile $G_1 + G_2$,
am leeren Seile $G_1 + G_3$,

hieraus folgt $G = G_1 + G_2 - (G_1 + G_3)$ oder

$$G = G_1 - G_3,$$

d. h. die Förderlast ist gleich der Nutzlast, vermindert um das ganze Seilgewicht.

Da nun bei tiefen Schächten das ganze Seilgewicht — 2 bis 8 *kg* auf den laufenden m — bedeutend größer ist, als die Nutzlast — 500 *kg* bei einem Hunde, 2000 *kg* bei vier Hunden auf dem Gestelle — so ist am Ende des Aufzuges nicht Förderlast zu heben, sondern es ist dem Übergewichte auf der Seite des leeren Gestelles durch Bremsen oder durch Gegendampf das Gleichgewicht zu halten.

Es ist noch der besondere Fall zu erwähnen, daß von der tiefsten Sohle für eine obere Sohle abgeschlossen (umgeschirrt) werden soll. Da hierbei das eine Gestell (vgl. S. 190) an der Hängebank auf den Stützen steht und die Maschine nur mit einem Korbe arbeitet, so ist in diesem Falle die Förderlast gleich der Gestelllast (ohne Fördergefäß) + der ganzen Seillast. Es wird diese Förderlast unter Umständen größer sein, als die beim Anfange der gewöhnlichen Schachtförderung zu hebende Last.

Ähnliche Betrachtungen lassen sich für die Förderung auf geneigter Bahn anstellen, doch mit dem Unterschiede, daß bei einem Neigungswinkel ε nach dem Gesetze der schiefen Ebene nur ein Teil der Gewichte, nämlich

$$G \cdot \sin \varepsilon$$

in Rechnung zu ziehen ist. Dagegen sind die Widerstände recht bedeutend, namentlich die rollende Reibung des Fördergefäßes und das Schleppen des Seiles auf der Sohle oder den eingebauten Walzen.

Förderung auf Brems- und Haspelbergen.

Die freie Förderung auf geneigter Bahn ist nur bis zu $1^1/_2{}^0$ Neigung thunlich; bei der Abwärtsförderung auf stärker geneigter Bahn muß künstliche Hemmung, gewöhnlich der Bremsprügel, angewendet werden. In ein oder mehrere Räder wird je ein Bremsprügel gesteckt, dadurch werden sie festgestellt und gleiten nun auf den Schienen. Ist die Neigung der Bahn auf größere Strecken beträchtlicher als 3°, so ist auch das Fördern mit Hemmung nicht mehr zweckmäßig. Geneigte Strecken, welche mit den nötigen Vorrichtungen versehen sind, um mit Hilfe des Eigengewichtes am Seile abwärts zu fördern, nennt man Bremsberge.

Die Aufwärtsförderung auf geneigter Bahn wird auf größere Strecken schon bei weniger als 3° Einfallen beschwerlich und geschieht dann gewöhnlich mit Maschinenkraft. Derartig eingerichtete Fallstrecken nennt man Haspelberge. Beide Arten von Bergen sind namentlich im Kohlenbergbau sehr häufig. Ist ein Haspel auch zum Bremsen eingerichtet, so nennt man ihn Bremshaspel.

An jedem Berge (Fig. 119, 120) unterscheidet man die Kopfplatte a, die geneigte Bahn oder den eigentlichen Berg b und die Fußplatte c.

Vom Berge aus gesehen hinter der Kopfplatte steht der Brems d, bzw. der Haspel in der Bremsstatt bzw. Haspelstatt. Die Berge sind entweder zweitrümig wie in den Figuren, es bewegt sich das volle Fördergefäß auf dem einen Gleise, das leere auf dem anderen, oder eintrümig, es bewegt sich abwechselnd das volle und dann das leere Fördergefäß auf demselben Gleise. Eintrümige Bremsberge sind immer mit Gegengewicht versehen, welches schmal gebaut ist und auf besonderem Gleise entweder neben oder unter dem Fördergefäße läuft. Das volle Fördergefäß zieht das Gegengewicht den Berg hinauf und dieses zieht dann wieder

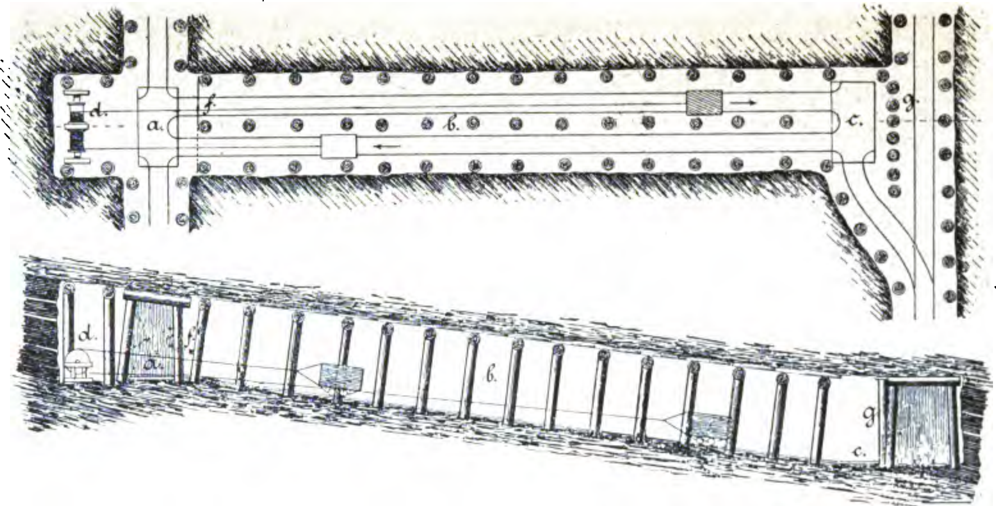


Fig. 119 u. 120. Bremsberg.
a Kopfplatte, b eigentlicher Berg, c Fußplatte, d Brems, f Verschluß, g Schutz für die untere Streichstrecke.

den leeren Hund hinauf, das Gegengewicht muß also leichter als der volle und schwerer als der leere Hund sein.

Bei ganz kurzen Bremsbergen, die nur vorübergehend im Betriebe sind, verwendet man einfache Bremsen und nur ein Seil. Ist letzteres ein Hanfseil, so schlägt man es, um ein Gleiten zu vermeiden, 4—6 mal um einen 25 *cm* dicken Rundbaum, an dessen einem Ende sich eine Bremsscheibe befindet. Für ein Drahtseil, welches sich nicht gut auf einen Rundbaum aufwickelt, wählt man eine Scheibe von etwa 0·8 bis 1·0 *m* Durchmesser, und breit genug, daß 2 bis 3 Seilschläge nebeneinander Platz haben; den einen verbreiterten Rand der Scheibe benutzt man zugleich als Bremsscheibe. Die Achse der Scheibe legt man je nach Umständen wagrecht oder stellt sie senkrecht gegen das Hangende und Liegende. Längere Bremsberge werden mit 2 Seilen, und zwar gewöhnlich runden Drahtseilen betrieben. Auf

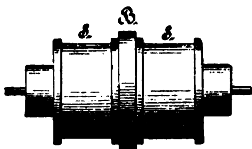


Fig. 121. Bremswelle.

der Bremswelle sitzen beiderseits die Seilkörbe S und zwischen denselben die Bremsscheibe B (Fig. 121). Die Seile laufen über die Kopfplatte auf den Berg, während sich das eine abwickelt, wickelt sich das andere auf; um das Schleppen der Seile auf dem Berge zu verhüten, baut man **Führungswalzen** ein. Der Brems ist **selbstthätig** einzurichten, d. h. der Bremshebel ist durch Gewichte derart zu belasten, daß der Brems, wenn er sich selbst überlassen bleibt, geschlossen ist. Soll gebremst werden, so muß der seitwärts von der Kopfplatte stehende Arbeiter den Brems durch Anheben des Bremshebels lösen.

Man verwendet am zweckmäßigsten **Doppelklotzbremse** (Fig. 122) oder **Bandbremse** (Fig. 123), da bei beiden ein einseitiger Druck auf die Bremswelle

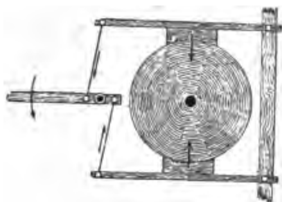


Fig. 122. Doppelklotzbremse.

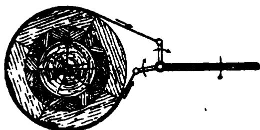


Fig. 123. Bandbremse.

vermieden wird. Zweckmäßig wird dicht unter der Kopfplatte ein Verschluß f (Fig. 119 und 120), Vorleger oder dergl. angebracht, der verhindern soll, daß zufällig ein Hund, der noch nicht an das Seil angehängt ist, auf das Gleis gelangt und frei den Berg hineinläuft. Die Vorleger sind zu schließen, bevor der leere Hund abgehängt wird und erst zu öffnen, nachdem der volle Hund angehängt und ins Gleis eingewiesen ist. Damit das Einweisen sicher geschehen kann, ist die Kopfplatte, die übrigens nach dem Berge zu keinen Hang haben darf, mit Einweisern zu versehen. Zum Anhängen der Hunde an das Seil bedient man sich gewöhnlich kurzer Ketten*) (Schurzketten). Die verwendeten Haken sollen so eingerichtet sein, daß ein selbstthätiges Aushängen vermieden wird. Dieser Zweck kann dadurch erreicht werden, daß der Haken die Form einer kurzen Spirale erhält, oder dadurch, daß man in das Ende des Hakens einen Ring einschmiedet, oder eine Feder einlegt (Fig. 124/25). Ist keine Parallelstrecke neben dem Berge vorhanden, so ist auf dem Berge selbst ein





Fig. 124 u. 125. Kuppelhaken.

*) Über die Verbindung des Seiles mit der Kette — den Seilbund — vgl. S. 196.

Fahrtrum dicht abzuschlagen. Die Berge sind so anzulegen, daß der Verkehr auf den Strecken, auf welche sie münden, nicht gefährdet wird; an der Fußplatte ist daher ein Schutz g (Fig. 119 und 120), gegen die untere Streichstrecke herzustellen, oder die letztere wird verumbrucht. Auf längeren Bergen sind Signalvorrichtungen, gewöhnlich Klingelzüge, auch Zeigertelegraphen anzubringen. Auf eintrümigen Bergen kann man bequem von mehreren Sohlen fördern, auf den Zwischensohlen liegen Platten, die durch Einleger überbrückt werden, wenn die Förderung nicht von der betreffenden Sohle stattfindet. Bei zweitrümigen Bergen muß, falls von mehreren Sohlen gefördert werden soll, ein Seilkorb zum Abschließen (vgl. S. 190) eingerichtet sein, oder man hängt ein Hilfsseil an, welches von der oberen Sohle bis zu der Zwischensohle reicht. Die Zugänge zu den Bremsbergen sind verschlossen zu halten.

Die Haspel werden immer seltener durch Menschenkraft betrieben (Hornhaspel vgl. S. 185), gewöhnlich verwendet man jetzt Lufthaspel, die vollständig nach Art kleiner zweicylindriger Dampfördermaschinen eingerichtet sind.

Bremsen und Haspel sind zweckmäßig so einzurichten, daß sie leicht auseinandergenommen, fortgeschafft und an anderer Stelle schnell wieder aufgestellt werden können.

Für steile Berge, auf denen leicht ein Teil des Inhaltes aus den Fördergefäßen herausrollen würde, sind Bühnenwagen (Gestellwagen) in Gebrauch, die eine wagrechte Bühne zur Aufnahme des Hundes tragen und mit den nötigen Einrichtungen versehen sind, um den Hund fest zu stellen.

Bei der Förderung auf geneigter Bahn wendet man, um einer Zertrümmerung der Hunde beim etwaigen Freiwerden vom Seile vorzubeugen, Fangvorrichtungen an, und zwar bei der Haspelbergförderung den Dorn oder Schlepper, eine gespitzte Eisenstange, die am vollen Hunde angehängt wird und nachschleppt, beim

Seilbruche aber in die Sohle eindringt und gewöhnlich den Hund zum Entgleisen bringt. Bei der Bremsbergförderung benutzt man wohl den Buschmann'schen Fanghaken, der bei straffem Seile durch den Seilzug in die Höhe gehoben wird (Fig. 126 und 127), beim Seilbruche jedoch niederfällt und an den Schwellen angreifen soll.

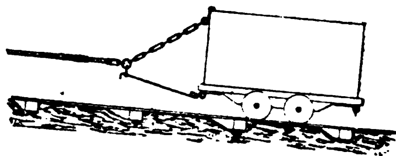


Fig. 126.
Hund mit Buschmann'schem Fanghaken ausgerüstet.

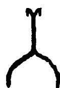


Fig. 127.
Fanghaken im Grundriß.

Auf langen Bergen, bei denen auch eine Förderung mit je zwei oder drei gekuppelten Hunden nicht mehr zureicht, um die Massen zu bewältigen, wendet man Seil oder Kette ohne Ende nach Art der Kettenbahnen an. Man schlägt dann nach Bedarf in regelmäßigen Abständen von 20 bis 30 *m* je einen Hund an. An Bergen mit schwachem Betriebe besorgen gewöhnlich die Förderleute oder die Ortshäuer das Bremsen, bzw. das Haspeln; bei stark beanspruchten Bergen werden Anschläger und Abnehmer, für Lufthaspelbetrieb außerdem wohl noch ein Maschinenwärter, angestellt.

Brems- und Haspelschächte.

Steile Berge mit Gestellwagen bilden den Übergang zu den Brems- und Haspelschächten. Bremsschächte werden vielfach zur Vereinigung größerer Fördermengen auf den Hauptsohlen, ferner zur Förderung aus verworfenen Feldteilen bis auf die Hauptförderstrecken angewendet. Haspel mit Handbetrieb sind nur für geringe Fördermengen und kleine Teufen verwendbar, sie sind

z. B. beim Abteufen von Zwischenschächten noch vielfach im Gebrauche. Bremsen und Haspel stehen gewöhnlich unmittelbar über dem Schachte, nur selten stellt man sie neben den Schacht und führt die Seile über Seilscheiben, ähnlich wie bei den Hauptförderschächten.

Beim Bremsschachtbetriebe mit einem Seile befindet sich die Seilscheibe über dem Schachte, ihr Durchmesser ist gleich dem Abstande der Trummittel und es sind $1^1/_2$ oder $2^1/_2$ Seilschläge aufgelegt; auf derselben Welle sitzt die Bremsscheibe. Die Förderung in den Bremsschächten findet immer auf Gestellen (vgl. S. 201) statt.

Die Hängebänke der Brems- und Haspelschächte sind mit *selbstthätigen Verschlüssen* zu versehen, die verhüten sollen, daß ein Hund in das falsche Trum gestoßen wird. Die einfachsten Verschlüsse sind senkrecht geführte Eisengitter, deren Gewicht zum größten Teile durch Gegengewichte ausgeglichen ist, welche an über Rollen geführten Ketten hängen. Das an der Hängebank anlangende leere Gestell hebt das Verschlußgitter, beim Niedergehen des vollen Gestelles sinkt das Gitter wieder durch sein Eigengewicht nieder. Auch die Bremsschächte werden entweder zweitrümig oder eintrümig mit Gegengewicht betrieben.

Die *Handhaspel* sind folgendermaßen eingerichtet (Fig. 128 und 129): Die Achsen des *Rundbaumes* a finden ihr Lager in den *Haspelstützen* h, welche in den *Pfühlbäumen* p eingezapft und durch seitliche Streben gestützt werden. Um den Rundbaum sind gewöhnlich 5—6 Schläge eines hanfenen Rundseiles gelegt, an dessen beiden Enden mittels daran befestigter Haken die Fördergefäße angeschlagen werden. Während der Förderung rücken die Seilschläge den Rundbaum entlang fort, an den Enden desselben sind deshalb wohl Scheiben aufgesetzt, um ein Ablaufen des Seiles zu verhüten. Auf die Achsenenden werden beiderseits eiserne *Kurbeln* k mit entsprechendem Auge aufgesteckt; die

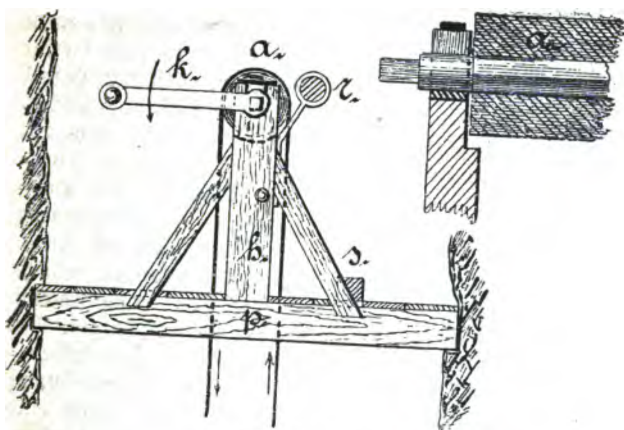


Fig. 128 u. 129. Hornhaspel.

Hebellänge beträgt üblicherweise 50 *cm*. Diese Form des Haspels nennt man **Hornhaspel**, den Aufstellungspunkt in der Grube die **Hornstatt**. Bis zu einer Stärke von 25 *cm* wird der Rundbaum aus **einem** Holze gefertigt, eine größere Stärke wird durch Aufnageln von Latten hergestellt. Die Achsen werden entweder beiderseis in den Rundbaum eingesetzt, oder man schneidet den letzteren der Länge nach auf und legt eine **durchgehende** Achse ein, Eisenbänder halten dann den Rundbaum zusammen. Die Lager in den Haspelstützen sind oben geschlossen, damit die Achsen nicht herausspringen können, außerdem sind die inneren Seiten der Haspelstützen derart ausgekehlt, daß sich bei etwaigem Achsenbruch der Rundbaum sicher aufsetzen kann und nicht in den Schacht stürzt. An den Haspelstützen sind je ein **Vorstecker** durch Kette befestigt, ein solcher paßt in eine entsprechende Bohrung der Stütze und soll unter Umständen der Kurbel als Widerlager dienen. Die **Hängekappe** s begrenzt die Dielung des Füll-

ortes gegen den Schacht zu und soll beim Herüberziehen des abzunehmenden Gefäßes dem Fuße des Arbeiters einen festen Halt bieten; die Hand des Arbeiters ruht hierbei am besten auf einer Wehrstange r. Ist der Haspel nicht in Betrieb, so ist die Schachtöffnung abzudecken.

Die Schachtfördergefäße sind, falls nicht mit Hunden auf Gestellen gefördert wird, entweder Holzkästen oder Kübel. Die Holzkästen dienen, auf Gestellwagen gesetzt, zu gleicher Zeit als Streckenfördergefäße und werden mittels vier an den Ecken angebrachter Ketten an das Seil geschlagen. Bei ihrer Benutzung zur Schachtförderung kann wohl die Schachtöffnung an der oberen Sohle durch eine Schiebebühne geschlossen werden, nachdem der Kasten herausgehaspelt ist. Dann wird der Gestellwagen untergeschoben und der Kasten zur weiteren Förderung darauf abgesetzt. Statt der Kästen werden auch eiserne Tonnen verwendet. In tieferen Schächten und bei größerer Fördergeschwindigkeit, wie sie bei Anwendung von Lufthaspeln erreicht wird, kann man die Gefäße nicht gut frei schweben lassen, es werden dann ähnlich wie bei der Gestellförderung Leitbäume eingebaut, an denen die Tonnen oder Kästen durch einen darüber befindlichen Schlitten (Leitrahmen) geführt werden (Fig. 130 und 131). Über der unteren Sohle setzt der Leitrahmen auf Frösche auf, die an den Leitbäumen befestigt sind, sodaß die Tonne bequem abgenommen, gefüllt und angeschlagen werden kann. Derartige Einrichtungen leisten beim Schachtabteufen sehr gute Dienste.

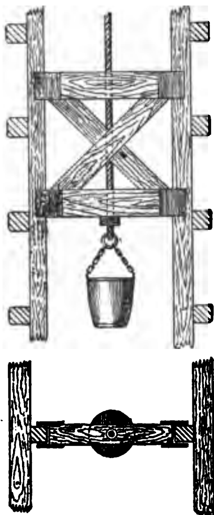


Fig. 130 u. 131.
Eiserne Tonne mit Leitrahmen für Schachtabteufen.

Die Kübel sind mittels eiserner Reifen aus starken Dauben zusammengesetzt, sie haben elliptischen Querschnitt, der Rauminhalt richtet sich nach dem Gewichte des Fördergutes. Am oberen Reifen ist ein Bügel oder sind mehrere Ösen zum Befestigen am Seile durch eine entsprechende Zahl von Ketten angebracht. Das Abnehmen eines Kübels an der oberen Sohle geschieht durch Herüberschwenken auf die Dielung unter gleichzeitigem Nachlassen des Seiles. Der Anschläger auf dem unteren Füllorte soll sich so wenig wie möglich unter dem Schachte aufhalten, es sind deshalb zum Herüberziehen der Gefäße aus dem Schachte Stangenhaken zu benützen.

In flachen Schächten ist zur Schonung der Gefäße Leitung, auch Tonnung genannt, am liegenden Stoße einzubauen, dieselbe besteht aus Stangen, Schwarten oder Brettern.

Soll mit dem Haspel Wasser gezogen werden, so benutzt man als Gefäße ovale Fässer, die sich von selbst füllen.

Bei manchem Gangbergbau dienen vorübergehend die Fahrrollen auch als eintrümige Haspelschächte zur Förderung der Scheideerze. Die Leitung für den Kübel, die sogenannte Schleppe, wird durch Benageln der Fahrtschenkel mit Latten hergestellt.

Die Förderung in Hauptschächten.

Bei tieferen Schächten ist Menschenkraft zur Förderung nicht zureichend, es wird vielmehr Tier- oder Elementarkraft (Dampf, Wasser) verwendet. In jedem Falle wird eine Welle, auf welcher die beiden Seilkörbe sitzen, zu jedem Aufzuge abwechselnd in dem einen und dem anderen Sinne in Umdrehung versetzt. Die Seile sind so auf den Körben befestigt, daß sich das eine Seil aufwickelt, während sich das andere abwickelt. Von den Seilkörben laufen die Seile über die Seil-

scheiben, welche über dem Schachte auf dem Seilscheibenstuhl auch Förderbock, Fördergerüst, Schachtturm genannt, verlagert sind und dann in den Schacht.

Die Einrichtungen sind verschieden je nach der verwendeten Kraft, je nachdem der Schacht saiger oder flach ist und je nachdem mit Gestellen oder mit Tonnen gefördert wird.

Die Fördermaschinen.

Beim Pferdegöpel sind die Seilkörbe an einer senkrechten Welle befestigt, ihre Drehung erfolgt also in einer wagrechten Ebene und zwar dadurch, daß vor den mit der senkrechten Welle fest verbundenen Schwengel Pferde gespannt und im Kreise herumgetrieben werden. Die Fördergeschwindigkeit beträgt 0·3 bis 0·5 *m*; man hat Pferdegöpel für Tiefen bis zu 300 *m* angewendet. Die jetzt auch bei mechanischer Förderung noch allgemein gebrauchten Ausdrücke treiben für fördern, Treibemeister u. s. w. stammen vom Pferdegöpel her (Fig. 132 und 133).

Die durch Wasserkraft betriebenen Fördereinrichtungen werden auch Wassergöpel genannt. Die Kraftmaschinen sind Kehrräder oder Kehrturbinen, nur selten Wassersäulenmaschinen.

Die Kehrräder sind oberschlächtige Wasserräder, deren Umfang durch einen mittleren Kranz — an welchem übrigens die Bremse angreift — in zwei Hälften geteilt ist, von denen die eine links, die andere rechts herum geschaufelt ist; dementsprechend sind auch zwei Aufschlaggerinne vorhanden. Die Seilkörbe sitzen auf der verlängerten Wasserradwelle. Die Kehrräder sind gewöhnlich unter Tage eingebaut, es sind daher die Seile von den Seilkörben bis zu den Seilscheiben und die Gestänge der Schützen und des Bremses bis zum Stande des Maschinenwärters an der Hängebank hinaufzuführen.

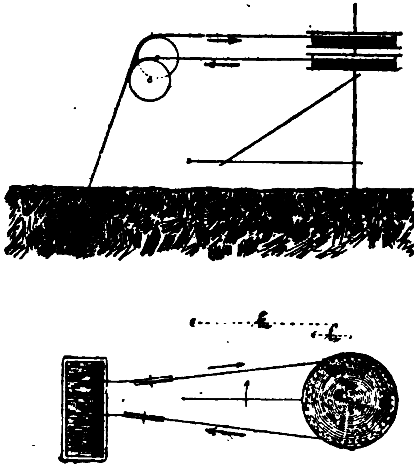


Fig. 132 u. 133. Pferdegöpel.

Von **Turbinen** werden am häufigsten vertikale Kehrturbinen mit partieller (teilweiser) Beaufschlagung angewendet. Wegen der großen Umdrehungszahl sind zwischen der Turbinen- und Seilkorbwelle Vorgelege anzubringen. Die übrigen Einrichtungen sind wie bei den Kehrrädern. Mit den Wassergöpeln fördert man meistens mit einer Geschwindigkeit von 1 *m*.

Am häufigsten finden jetzt zur Förderung liegende **Dampfmaschinen** Anwendung, und zwar wird die hin- und hergehende Bewegung des Kolbens von der Kolbenstange auf die **Schubstange** (Pleuelstange) und mittels einer Kurbel auf die Seilkorbwelle übertragen. Bei eincylindrigen Maschinen ist ein Schwungrad nötig; für größere Anlagen dienen stets zweicylindrige Maschinen. Bei geringer Fördergeschwindigkeit wird von der Kurbelwelle aus die Seilkorbwelle mittels Vorgeleges angetrieben, bei größerer Fördergeschwindigkeit sitzen die Kurbeln auf der Seilkorbwelle; Maschinen der ersten Art heißen auch

indirect wirkende, solche der zweiten Art direct wirkende. Die zur Zeit üblichste Maschinen-Construction sind zweicylindrige (Zwillings-) Maschinen, welche mit Hochdruck und Expansion, aber ohne Condensation arbeiten; das Umsteuern geschieht mit der Stephenson'schen Coulisse. Bei der Förderung mit Dampfmaschinen geht man bis 8 und 10 *m*, nur selten bis 12 und 15 *m* Fördergeschwindigkeit.

Eine Bandbremse (vgl. Fig. 123. S. 181), welche vom Standorte des Maschinenwärters aus in Thätigkeit gesetzt werden kann, greift bei eincylindrigen Maschinen am Schwungrade, bei zweicylindrigen an dem einen verbreiterten Seilkorbkranze an.

Soll aus verschiedenen Sohlen gefördert werden, so müssen sich die Seillängen ändern lassen. Man nennt diese Arbeit Umlegen der Seile, umschirren, auch abschließen. Hierzu kann einer der Seilkörbe, der Loskorb, von der Seilkorbwelle gelöst und durch einen eigenen Brems (Abschließbrems) festgestellt werden. Soll umgeschirrt werden, so stellt man das am Loskorbe befindliche Fördergefäß auf die Hängebank und zieht den Abschließbrems an, dann löst man diesen Korb und rückt das andere Fördergefäß auf die neue Sohle. Hierauf wird der Loskorb wieder angeschlossen, d. h. mit der Seilkorbwelle verbunden. Eine zweckmäßige Einrichtung besteht darin, daß innerhalb der Arme des Loskorbes ein starkes Zahnrad auf der Seilkorbwelle befestigt ist; zwischen je zwei Armen befindet sich in einem Querriegel eine starke Schraubenspindel mit Handrad, durch deren Anziehen ein Klotz in das Zahnrad eingerückt werden kann.

Die Schachtförderseile.

Förderseile fertigte man bis um das Jahr 1835 nur aus Hanf, die ersten Drahtseile wurden um diese Zeit am Harze eingeführt und haben sich immer mehr eingebürgert.

Die Tragfähigkeit der Seile kann angenähert nach der Bruchbelastung berechnet werden. Es reißt nämlich, 1 *qmm* Querschnitt vorausgesetzt,

ein Hanffaden bei 10 *kg* Belastung,
ein Eisendraht „ 55 „ „ ,
ein Gußstahldraht „ 120 „ „ .

Indem man den tragenden Querschnitt eines Seiles in *qmm* mit der Bruchbelastung multipliciert, erhält man die Bruchbelastung des Seiles.

Die Tragfähigkeit eines Seiles nimmt man nur mit einem Teile, z. B. $\frac{1}{6}$ oder $\frac{1}{10}$ seiner Bruchbelastung, in Anspruch, man kann dann mit Sicherheit darauf rechnen, daß das Seil hält und sagt, die Seilsicherheit ist 6fach oder 10fach.

Um die Tragfähigkeit eines Seiles thunlichst genau zu ermitteln, prüft man entweder die einzelnen Drähte oder Stücke des Seiles auf ihre Bruchbelastung. Es giebt zu diesem Zwecke Zerreißmaschinen. Derartige Proben mit abgehackten Seilstücken von Zeit zu Zeit angestellt, geben auch über etwaige Veränderung des Seilmateriales während des Betriebes Aufschluß. Über die Art der Berechnung der Tragfähigkeit von Seilen, welche zur Mannschaftsfahrung dienen sollen, bestehen behördliche Vorschriften.

Hanfseile sind während des Betriebes zu teeren, um sie vor Nässe zu schützen; Drahtseile sind gut in Schmiere zu halten, diese muß dünnflüssig sein, sodaß man auch am geschmierten Seile die Drähte genau untersuchen kann, was bei Anwendung von dickflüssiger Seilschmiere kaum möglich ist.

Was das Seilgewicht betrifft, so wiegt ein Stahlseil von gleicher Tragfähigkeit etwa halb so viel als ein entsprechendes Eisendrahtseil und $^1/_8$ so viel als ein Hanfseil. Letztere sind zudem wesentlich teurer als Drahtseile.

Statt der Hanfseile hat man auch Aloëseile benutzt, sie sind etwas leichter als die ersteren, haben aber bei gleichem Querschnitt etwas geringere Tragfähigkeit.

Ursprünglich wandte man nur Rundseile an, die so hergestellt wurden, daß aus einzelnen Fäden oder Drähten dünne Seile, sogenannte Seillitzen, gefertigt und diese dann zum Rundseile vereinigt wurden. Die Zahl der Drähte in der Litze und der Litzen im Seile ist sehr verschieden. Oft ist in den Litzen und auch im Seile eine Einlage (Seele) nötig, da sich mehr als 4 Drähte nicht ohne weiteres zusammendrehen lassen. Die Seelen bestehen gewöhnlich aus Hanf, seltener aus Drähten. Später wurden aus weiter unten zu erörternden Gründen auch Flachseile verwendet, sie bestehen aus nebeneinandergelegten dünnen Rundseilen, die abwechselnd nach verschiedenen Seiten gedreht und mit einander vernäht sind. In dem Bestreben, das Seilgewicht herabzumindern, hat man auch Seile angewendet, deren Stärke nach unten zu allmählich abnimmt.

Auf die Haltbarkeit der Drahtseile sind namentlich die folgenden Umstände von Einfluß:

Das Rosten der Drähte, welches durch gute Schmierung vermieden werden kann; das Abschleißen der Drähte, nicht nur am Seilumfange, sondern auch im Inneren des Seiles durch gegenseitiges Scheuern. Durch plötzliche Stöße, denen ein Seil, namentlich bei zu schnellem Anheben der Gefäße, ausgesetzt wird, brechen wohl einzelne Drähte, auch wird das sehnige Gefüge der Drähte beeinflußt, sodaß besonders die Biegungsfestigkeit geringer wird. Man sucht derartige Stöße dadurch abzuschwächen, daß als elastischer Teil in der Verbindung des Schachtfördergefäßes und des Seiles eine starke Feder eingeschaltet wird. Auch zu starke Abbiegung des Seiles an den Seilscheiben und Seilkörben wirkt schädlich auf die Drähte, man giebt daher diesen Teilen möglichst große Durchmesser.

Um übrigens ein Seil auf Drahtbrüche zu untersuchen, wendet man die Handprobe an, man läßt das Seil langsam durch ein Büschel von Hanf laufen, das man mit der Hand andrückt, jeder am Seilumfange

gebrochene Draht findet in dem Hanfe Widerstand, während sonst das Seil glatt durchläuft.

Beispiel. Die Verhältnisse bei den Förderseilen in einem der Richtschächte bei Freiberg in Sachsen waren die folgenden:

Die Seile sind Bandseile, 65 *mm* breit und 15 *mm* dick, sie bestehen aus 6 Rundseilen, jedes zu 4 Litzen mit je 5 Drähten, die Seelen in den Litzen und Rundseilen bestehen aus Hanf. Die Drähte sind aus Patentgußstahl und 1·8 *mm* stark, es beträgt also der Querschnitt eines Drahtes 2·54 *qmm*. Nach Angabe der Seilfabrik beträgt die Bruchbelastung des Materiales 130 *kg* auf 1 *qmm*, also für einen Draht 330·2 *kg* und für die 120 Drähte des ganzen Seiles 39624 *kg*.

Außerdem wurde die Bruchbelastung eines Drahtes durch Versuche im Durchschnitte zu 338·4 *kg* festgestellt, woraus sich die Bruchbelastung des ganzen Seiles zu 40608 *kg* ergiebt. Die Drähte hielten im Mittel 17 Biegungen aus, ehe sie brachen, sie wurden hierbei zwischen zwei Backen eingespannt, die nach einem Halbmesser von 5 *mm* abgerundet sind, und zuerst nach der einen, dann nach der anderen Seite bis zu einem Winkel von 90° gegen die Mittellage abgebogen.

1 *m* Seil wiegt 3·2 *kg*, der Schacht ist 536·2 *m* tief, die Seilscheiben sind 18·3 *m* über der Hängebank verlagert, mithin kommt für das Seilgewicht eine Seillänge von 554·5 *m* in Betracht. Das ganze Seilgewicht beträgt demnach 1774·4 *kg*.

Die Fördergestelle bestehen aus Schmiedeeisen und Stahl, sie sind zweietagig und wiegen einschließlich der Fangvorrichtung und der Anschlußstücke je 1100 *kg*. Zur Massenförderung wird nur eine, zur Mannschaftsfahrung werden beide Etagen benutzt. Ein leerer Hund von 0·7 *cbm* Inhalt, ebenfalls aus Eisenblech und Stahl bestehend, wiegt 425 *kg*, eine Ladung Erz 1400 *kg*. Bei der Mannschaftsfahrung fahren auf einem Gestelle 10 Mann, in jeder Etage 5; auf jede Person kommt

0·217 *qm* Standfläche. Das Gewicht eines Mannes wird im Durchschnitte mit 75 *kg* in Rechnung gestellt.

Der Seilbund ist kalt gefertigt mit 1 *m* Seilumschlag und 5 Schraubenzwingen. Die Fördermaschine ist zweicylindrig mit Vorgelege. Die Leitungen für die Gestelle bestehen aus Holz.

Demnach setzt sich die größte Seilbelastung bei der Massenförderung zusammen wie folgt:

554·5 *m* Seil	1774·4 *kg*
Fördergestell	1100·0 *kg*
1 leerer Hund	425·0 *kg*
Fördermasse (Erz)	1400·0 *kg*
Seilbelastung	4699·4 *kg* und

Seilsicherheit 40608 : 4700 = **8·6.**

Für die Mannschaftsfahrung stellt sich die Seilbelastung folgendermaßen:

Seilgewicht	1774·4 *kg*
Fördergestell	1100·0 *kg*
Vorsetzer	20·0 *kg*
10 Mann	750·0 *kg*
Seilbelastung	3644·4 *kg* und

Seilsicherheit 40608 : 3644 = **11·1.**

Die Seilkörbe und Seilscheiben.

Bei der ältesten Form, den cylindrischen Seilkörben, kommt das wechselnde Seilgewicht während der Förderung zur vollen Geltung. Übrigens ist es zweckmäßig, die cylindrischen Körbe so breit zu machen, daß sich alle Seilschläge nebeneinander aufwickeln können und ein Übereinanderlaufen der Seilschläge vermieden wird.

Das wechselnde Seilgewicht kann durch Anwendung von konischen Seilkörben für runde Seile und durch die Benützung von Bandseilen auf Bobinen angenähert ausgeglichen werden. Die Einrichtung der

konischen Seilkörbe ist aus Fig. 134 ersichtlich; die Seile sind so aufgelegt, daß das abgewickelte Seil an dem kleinen, das aufgewickelte am großen Halbmesser angreift, hierdurch kann eine angenäherte Gleichheit der statischen Momente erreicht werden. Sowohl die cylindrischen als auch die konischen Seilkörbe können mit eingedrehten Nuten in der Verschalung versehen werden, wodurch eine regelmäßige Aufwickelung der Seile stattfindet. Beide Arten von Seilkörben bestehen aus dem Mittelstücke, oder Sterne, welcher auf der Seilkorbwelle sitzt, den Armen, den Kränzen und der zwischen den letzteren eingebrachten Verschalung, auf der, wie oben bemerkt, sich die Seilschläge auflegen.

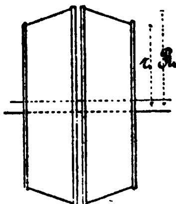


Fig. 134.
Konische Seilkörbe.

Bei den Bobinen, welche zwischen den Armen nur reichlich die Breite des Bandseiles haben, ist ein cylindrischer Kern vorhanden, auf demselben wickeln sich die einzelnen Seilschläge übereinander auf, so daß, wie bei den konischen Körben, die größere Seillast am kleinen, die kleinere am großen Halbmesser angreift.

Häufig wird auch die Seilgewichtsausgleichung durch ein Unterseil erreicht. Ein abgelegtes Förderseil, dessen Länge etwas mehr als die Schachtteufe beträgt, wird beiderseits an starken Querstücken der Gestellböden befestigt und hängt frei in den Schachttrümern. Hierdurch erreicht man, daß bei jeder Stellung der Fördergefäße im Schachte in beiden Trümmern immer das ganze Seilgewicht vorhanden ist. Doch ist die Anwendung des Unterseiles in der beschriebenen Weise nur dann möglich, wenn von einer Hauptsohle gefördert wird, denn bei jedem Umlegen der Seile müßte die Länge des Unterseiles geändert werden.

Bei Anwendung der Baumann'schen Seilklemme (vgl. S. 197) zur Verbindung des Fördergestelles

mit dem Seile, kann man auch ein Seil, dessen Länge etwas mehr als die dreifache Schachttiefe betragen muß, zur Förderung aus verschiedenen Sohlen benutzen. Mittels der Baumannschen Seilklemme kann man nämlich das Fördergestell an jeder beliebigen Stelle am Seile befestigen und auch die Verbindung schnell lösen. Das Seil geht durch beide Gestelle hindurch und bildet zu gleicher Zeit das Unterseil. Die beiden Seilenden werden auf den Seilkörben befestigt und auf einem derselben ein Seilstück gleich der Schachtteufe aufgewickelt. Diese Einrichtung ist nur anwendbar, wenn jedes Gestell für zwei Hunde neben- oder hintereinander Platz bietet.

Ein vielfach benutztes Mittel, um das wechselnde Seilgewicht weniger störend zu machen, ist die Anwendung von Steuerungen an den Fördermaschinen, die eine Veränderung der Expansion in weiten Grenzen gestatten.

Die Seilscheiben bestehen, ähnlich wie die Seilkörbe, aus dem Mittelstücke, den Armen und dem Kranze, in letzterem befindet sich eine Nut, welche der Seilbreite entspricht.

Die Verbindung der Seile mit den Schachtfördergefäßen.

Um das Seil mit dem Fördergefäße zu verbinden, ist ein sogenannter Seilbund zu fertigen, eine Ausnahme findet nur bei Anwendung der schon erwähnten Baumannschen Seilklemme statt. Der Seilbund besteht in der sicheren Verbindung eines Kettengliedes oder einer Öse der Königstange mit dem Seilende. Bei allen Arten von Seilen kann man den Seilbund herstellen, indem man das Seil etwa auf 1 *m* Länge um ein entsprechend gebogenes Eisenblech doppelt nimmt (Fig. 135/36), und dann das Kettenglied in die Schlinge legt. Die beiden Seilstücke verbindet man durch entsprechende Schraubenzwingen; bei Rundseilen dreht man auch wohl das Seilende auf und wickelt die einzelnen Litzen um das Seil, sogen. Wickelbund

(Fig. 137). Auch steckt man das Seilende durch eine konische Büchse (Fig. 138), macht das Seil auf und gießt dann in die angewärmte Büchse geschmolzenes Zink oder treibt zwischen die Seillitzen einen entsprechenden konischen Dorn ein.

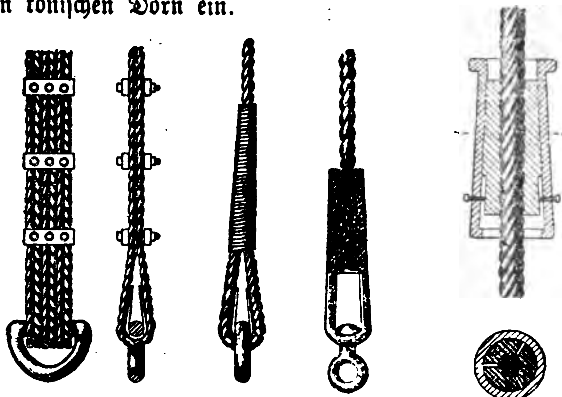


Fig. 135. Fig. 136. Fig. 137. Fig. 138. Seilbunde. Fig. 139, 140. Baumannsche Seilklemme.

Die Baumann'sche Seilklemme (Fig. 139, 140) besteht aus einer dreiteiligen Hülse, welche innen durch Ausfräsen den Windungen der Seillitzen genau angepaßt ist und außen einen Kegel bildet. Darüber paßt eine entsprechend ausgebohrte Büchse, die sich gegen das Kopfstück des Fördergestelles legt und so Seil und Gestell verbindet. Durch den Seilzug wird die Hülse in die Büchse hineingedrückt und die Teile der ersteren werden fest an das Seil gepreßt.

Die weitere Verbindung des Seilbundes mit dem Schachtfördergefäße, auch Quenzeleinrichtung genannt, findet entweder mittels zwei oder vier Ketten statt, die in starken Ösen der Tonne oder des Gestelles befestigt sind, oder, und zwar namentlich bei Gestellförderung, es steht der Seilbund mittels nur weniger Ketten-

glieder zuweilen auch unmittelbar mit der Königstange*) in Verbindung; es ist das eine starke Stange aus bestem Material, welche am Oberteile des Gestelles angreift. Die Verbindungsketten nennt man auch Schurz- oder Zwieselketten; in der Kette befindet sich ein Wirbel, um ein Verschlingen beim Ausdrehen des Seiles zu verhindern. Jedenfalls ist die Verbindung zwischen Seil und Fördergefäß derart herzustellen, daß eine zufällige Lösung ausgeschlossen ist.

Die Schachtfördergefäße.

Es sind hauptsächlich zwei Fälle zu unterscheiden, entweder werden die bis zum Füllorte gestoßenen Massen dort aus den Streckenfördergefäßen entleert und in die Schachtfördergefäße gefüllt, (diese haben dann die Form von Tonnen oder von Kästen mit rechteckigem Boden, auch diese letzteren, die namentlich beim Erzbergbau noch vorkommen, werden wohl Tonnen genannt), oder das Fördergut verbleibt in den Streckenfördergefäßen (Hunden, Wagen) und diese werden auf besondere Gestelle zur Schachtförderung aufgeschoben. Bei jeder Schachtförderung sind zur sicheren Führung der Gefäße Leitungen einzubauen. Im besonderen sind die Einrichtungen zur Schachtförderung auch wesentlich verschieden, je nachdem der Schacht flach oder saiger ist. Die leistungsfähigsten Förderschächte sind saigere Schächte mit Gestellförderung.

Die Tonnen**) genannten parallelepipedischen Holzkästen sind durch Eisenbeschläge verstärkt, mit diesen verbunden sind zwei Ösen, an denen die Zwieselketten angreifen und ferner die Spurnägel, starke eiserne Zapfen — unter Umständen mit drehbaren Hülsen umgeben — mittels deren die Tonne in saigeren Schächten

---

*) vgl. S. 202.

**) Über die Förderung mit eigentlichen Tonnen vergleiche das S. 186 Gesagte.

zwischen den Leitbäumen geführt wird (Fig. 141). Es sind auch derartige Tonnen ganz aus Eisen- oder Stahlblech in Gebrauch. Eine Seite der Tonne ist gewöhnlich als Thür (Lid) gearbeitet.

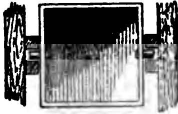


Fig. 141 Tonnenleitung.

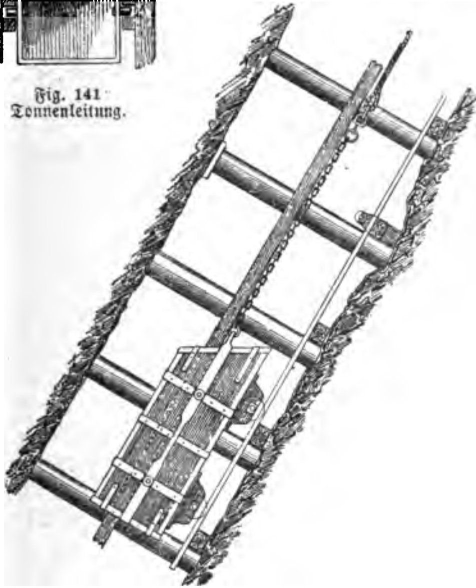


Fig. 142. Tonne im flachen Schachte.

In flachen Schächten (Fig. 142) laufen die Tonnen mittels Räder, welche auf starken Achsen an der unteren Seite befestigt sind, auf den Straßbäumen. Am oberen Teile wird die Tonne durch die Leitbäume (auch Gleit- oder Streichbäume) geführt. Der obere Rand der Tonne pflegt dem Neigungswinkel (Tonnenlage) des Schachtes entsprechend abgeschrägt zu sein.

Die Straßbäume waren ursprünglich aus Holz, später belegte man sie mit Flacheisen, in neuerer Zeit verwendet man Kopfschienen.

Das Füllen der Tonnen geschieht entweder vom Füllorte aus, indem die daselbst aufgestürzten Massen mittels Kratze in die Tonne gezogen werden, oder man füllt die Tonnen aus den Schachtrollen, das sind Vorratsräume, die unmittelbar neben den Schächten, von diesen nur durch eine schwache Gesteinswand getrennt, unterhalb der Füllörter ausgeschossen werden. In dieselben werden die Massen aus den Hunden gestürzt. Die Öffnung der Rolle, der Rollenschlund, mündet unmittelbar in den Schacht und ist durch den Rollenschieber geschlossen, durch Öffnung desselben kann die Tonne gefüllt werden. In jedem Falle ist der Schacht unterhalb der Stelle, an welcher die Tonne gefüllt wird, durch Schachtdeckel dicht abzuschließen und die Tonne auf Überstecker aufzusetzen, sie soll also während des Füllens nicht am Seile hängen. Über Tage wird die Tonne t zum Entleeren gestürzt (Fig. 143), d. h. sie wird etwas über die Hängebank aufgeholt, dann mit den unteren Rädern oder Spurzapfen auf die in die Spur der Schachtleitung eingelegten Sturzhaken s aufgesetzt und durch Nachlassen des Seiles in eine etwa 25° abwärts geneigte Lage gebracht. Durch einen entsprechenden Ausschnitt a in der Leitung kann der obere Spurzapfen diese verlassen. Die Massen rollen dann in einen untergeschobenen Wagen w und werden durch langgestielte Kratzen vollends herausgezogen.

Der obere Teil der Schachtfördergestelle Fig. 144, 145, 146, welche zur Aufnahme der Streckenfördergefäße dienen, heißt das Kopfstück k, an diesem hängt der Rahmen r, welcher den Boden aufnimmt, mittels der auf beide Seiten gleichmäßig verteilten Hängestangen h. Am Kopfstück befinden sich die Ösen zum Anschlusse der Schurzketten oder es greift an demselben unter Einfügung einer starken Feder die

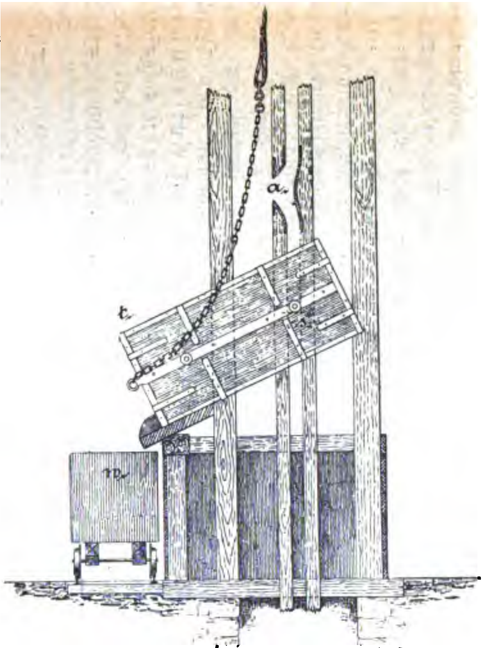


Fig. 143. An der Hängebank gestürzte Tonne.
t Tonne, s Sturzhaken, a Ausschnitt in der Tonnenleitung, w Wagen.

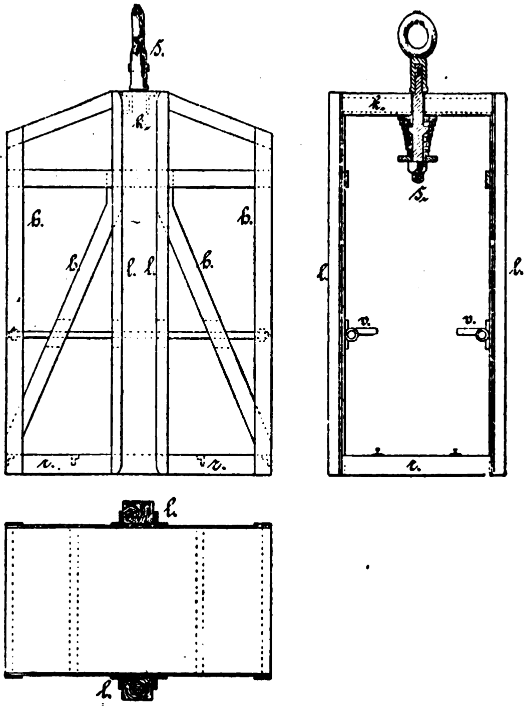


Fig. 144, 145, 146. Schachtfördergestell mit einer Etage.
k Kopfstück, r Rahmen, h Hängestangen, s Königstange, l Leitschuhe, v Vorleger.

Königstange s an, eine Verdickung an derselben verhindert ein Zusammendrücken der Feder über die Elasticitätsgrenze. Mit den mittleren Hängestangen sind die Leitschuhe l verbunden. Die beiden sonst offenen Seiten der Gestelle sind mit Verschlußbügeln oder Vorlegern v versehen, durch welche die Wagen während der Förderung in ihrer Stellung festgehalten werden, zum bequemen Auswechseln der Wagen sind auf den Gestellböden Schienen vorhanden. Es giebt Gestelle mit einer Etage, welche für einen oder zwei Wagen Platz bietet, und solche mit zwei, auch noch mehr Etagen übereinander. Die Gestelle sind in der Hauptsache aus Eisen oder Stahl gefertigt. Die Hängebänke der Hauptförderschächte sind mit selbstthätigen Verschlüssen zu versehen (vgl. S. 184), ebenso die Füllörter, falls der Schacht unter denselben nicht dicht abgeschlossen ist. Über Tage werden die vollen Hunde abgezogen und leere an ihre Stelle aufgeschoben. Bei Gestellen mit mehr als einer Etage müssen an den Füllörtern und über Tage entweder ebensoviel Bühnen zum gleichzeitigen Auswechseln der Wagen vorhanden sein, oder es müssen, falls nur eine Sohle zur Verfügung steht, die verschiedenen Etagen nacheinander bedient und die Gestelle jedesmal um Etagenhöhe gehoben, beziehungsweise gesenkt werden, was viel Zeit erfordert. An den Füllörtern setzen die Gestelle auf Überlegern auf, die zweckmäßig zur Vermeidung von Stößen mit federnden Teilen, z. B. Gummipuffern, versehen sind; auch können die Gestelle, wie dies immer an der Hängebank der Fall ist, auf Aufsetzvorrichtungen aufgesetzt werden. Bei den älteren Vorrichtungen wird das Gestell etwas über die Hängebank gehoben,

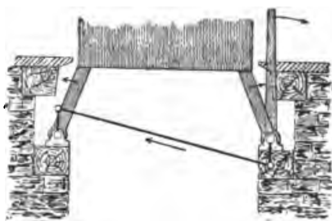


Fig. 147. Aufsatzvorrichtnng.

dann werden durch Bewegung eines Handhebels (Fig. 147) die Wangen eingelegt und das Gestell setzt sich beim Niederlassen auf. Ebenso muß nach Abfertigung der Gestelle das an der Hängebank befindliche Gestell angehoben werden, die Wangen werden zurückgezogen, und nun erst kann das Gestell niedergelassen oder gehängt werden. Das Anheben des Gestelles erfordert Zeit, auch bildet sich an dem auf dem Füllorte befindlichen Gestelle Hängeseil und beim Niederlassen des am Tage befindlichen Gestelles erhält das andere Seil leicht einen schädlichen Stoß, der sich bei jedem Aufzuge wiederholt.

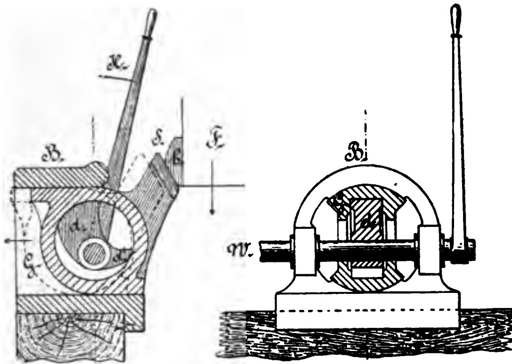


Fig. 148, 149. Aufsetzvorrichtung von Haniel und Lueg.

Mehrere neuere Aufsetzvorrichtungen gestatten, das Gestell, ohne es anzuheben, sofort niederzulassen, z. B. diejenige von Haniel und Lueg (D. R. P. Nr. 36469, Fig. 148 und 149). Die Einrichtung besteht aus den Stützen S, und dem Gleitstücke G, beide Teile sind in einem Stücke gegossen, das Gleitstück kann in der Büchse B hin und zurück gleiten. In der gezeichneten Stellung sitzt das Fördergestell F mit den Backen b auf

den Stützen auf, welche durch den auf der Welle W sitzenden Handhebel H, und die Daumen d und d_1 in dieser Stellung erhalten werden. Die Welle W liegt excentrisch zu der kreisförmigen Ausbohrung des Gleitstückes, in welchs die Daumen passen. Legt man nun den Handhebel H in der Pfeilrichtung um, so schiebt sich das Gleitstück in die Büchse hinein und die Stützen machen den Schacht frei — diese Stellung ist in der Fig. 148 punktiert angedeutet. Das Gestell kann also sofort niedergelassen werden. Die Stützen werden dann durch Drehung des Handhebels in die frühere Lage zurückgebracht.

Kommt nun das Gestell aus dem Schachte zur Hängebank, so stößt die Backe b gegen die Stütze und dreht sie, bis der Schacht frei wird, um die Daumen d und d_1. Wenn das Gestell hindurch ist, fällt die Stütze durch ihr Eigengewicht in die Anfangsstellung zurück und das Gestell kann aufgesetzt werden.

Die Schachtleitungen bestanden früher durchgängig aus hölzernen Bäumen, Leitbäume genannt. Die Leitschuhe werden aus 2 ⌊ Eisen gebildet und umfassen den Leitbaum, oben und unten sind sie durch Aufbiegen etwas erweitert, damit kleine Unregelmäßigkeiten der Leitungen keine Veranlassung zu Stößen geben. Die Leitbäume sind durch Schrauben mit versenkten Köpfen an den Einstrichen befestigt und greifen an den Enden zweckmäßig mittels Nut und Feder ineinander ein, sodaß eine gegenseitige Verschiebung, auch falls eine Schraube sich löst, nicht stattfinden kann. Da die hölzernen Leitungen vielfach ausgewechselt werden müssen, vornehmlich weil sie sich stark abführen, hat man auch eiserne Leitungen in Form von Kopfschienen angewendet, namentlich in den ganz in Eisen ausgebauten Schächten. Die Leitschuhe der Fördergestelle bestehen dann aus Klauen, welche beiderseits in den Schienenhals eingreifen. Auch Drahtseile werden als Leitungen benutzt, die Leitschuhe der Gestelle bestehen aus entsprechenden Ösen. Bei dieser Einrichtung

kann ein Teil der Schachteinstriche zwischen den Fördertrümern in Fortfall kommen.

Über die Fangvorrichtungen vgl. den Abschnitt Fahrung S. 212.

Die Fördertürme.

Die Fördertürme dienen den Seilscheibenachsen zum Auflager, die hauptsächlichste Unterstützung ist in die Richtung der Mittelkraft zu legen, welche sich aus dem Seilzuge nach der Maschine und in den Schacht ergiebt. Diese Hauptstrebe steht entweder frei auf eigenen Fundamenten oder auf den Mauern des Schachtgebäudes, die dann durch Strebepfeiler verstärkt sind. Die übrigen Unterstützungen tragen lediglich das Eigengewicht des Schachtturmes und dienen zur Befestigung der Fortsetzung der Schachtleitungen bis nahe an die Seilscheiben. Die Höhe des Schachtturmes, auch Seilscheibenstuhl genannt, richtet sich außer nach der Höhenlage der Hängebank nach der Fördergeschwindigkeit, auch nach dem Seilkorbdurchmesser, je größer beide sind, desto höher verlagert man die Seilscheiben. Das Mindestmaß zwischen Seilscheibenachsen und Oberteil des an der Hängebank befindlichen Fördergestelles ist bei solchen Anlagen, die auch zur Mannschaftsfahrung dienen, behördlich vorgeschrieben und beträgt demnach gewöhnlich 6 bis 12 *m*.

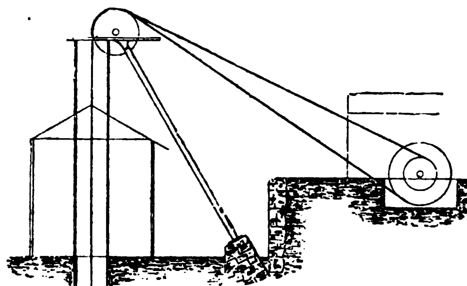


Fig. 150. Freistehender Seilscheibenbock.

Fig. 150 zeigt die häufigste Form der freistehenden Fördertürme, Fig. 151 die Verlagerung der Seilscheiben auf den Mauern des Schachtgebäudes. Das Material der Fördertürme ist nur bei kleineren Anlagen Holz, sonst gewöhnlich Eisen.

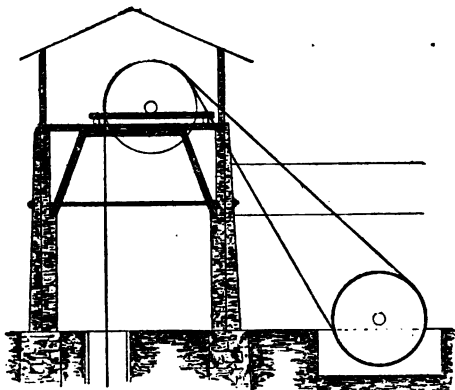


Fig. 151. Verlagerung der Seilscheiben auf dem Schachtgebäude.

Besondere Einrichtungen.

Zur Verständigung zwischen dem Maschinenwärter einerseits und der Hängebank und den Füllörtern andererseits sind Signalvorrichtungen nötig. Sprachrohre finden nur auf kurze Entfernungen Anwendung; außer Telephonen und elektrischen Signalen sind Signaldrähte, welche einen Hammer an einen frei aufgehängten Metallstab anschlagen lassen, am häufigsten in Gebrauch und den Klingelsignalen vorzuziehen. Die Signale beziehen sich auf das beladene Gestell und es bedeutet fast überall 1 Schlag: Halt, 2 Schläge: Niederlassen, 3 Schläge: Aufholen. Für andere Zwecke, z. B. Mannschaftsfahrung, Abschließen für eine andere Sohle u. s. w. sind besondere Signale festzusetzen.

Um dem Maschinenwärter die Stellung der Fördergefäße im Schachte stets ersichtlich zu machen, dient der Gefäßstandszeiger, auch Teufenzeiger genannt. Derselbe besteht aus einem verkleinerten Bilde des Schachtes, auf welchem sich Marken bewegen, diese sind durch Schnuren mit umgehenden Teilen der Maschine, gewöhnlich eigens für diesen Zweck angebrachte dünne Spindeln, verbunden, deren Halbmesser sich zum Seilkorbhalbmesser verhalten muß, wie die Höhe des Gefäßstandszeigers zur Schachtteufe.

Das Wächtersignal ertönt entweder durch die Fördermaschine oder wird durch das aufgehende Fördergestell gegeben, wenn sich dieses der Hängebank nähert, um die Aufmerksamkeit des Maschinenwärters zu erregen.

Die Fördergeschwindigkeit kann bei cylindrischen Seilkörben durch selbstthätig wirkende Apparate, Geschwindigkeitsmesser, Tachymeter, Tachygraphen, fortlaufend aufgeschrieben und durch Zifferblatt und Zeiger dem Maschinenwärter angegeben werden. Mittels eines Uhrwerkes wird ein Papierstreifen, der eine der Zeit entsprechende Längsteilung hat, unter einem Schreibstifte fortgeführt, dieser verzeichnet der Fördergeschwindigkeit entsprechende Curven.

Besondere Einrichtungen sind auch vorhanden, um ein Zuhochtreiben des Fördergestelles zu verhüten oder unschädlich zu machen. Falls nämlich das Fördergefäß bis an die Seilscheiben getrieben wird, so ist ein Bruch des Seiles zu befürchten. Ist nun keine Fangvorrichtung vorhanden oder versagt eine vorhandene ihren Dienst, so müßte das Fördergestell in den Schacht stürzen. Man bringt daher zwischen Hängebank und Seilscheiben Fangklinken an, starke Hebel, ähnlich den Wangen der Aufsetzvorrichtungen, die von dem zu hoch getriebenen Fördergefäße zurückgedrückt werden, dann aber durch Federkraft wieder in das Trumlichte zurückfallen und das freie Fördergefäß auffangen. Auch zieht man die Leitungen unter den Seilscheiben derart allmählich

zusammen, daß sich das Fördergefäß dazwischen festklemmt. Endlich bewirkt man wohl durch Auslösevorrichtungen eine Trennung zwischen Seil und Fördergefäß. Diese Einrichtungen wirken derart, daß ein vorspringender Teil beim Zuhochtreiben an einen entsprechenden Ring stößt, durch den das Seil hindurchgeht; nach Abscheren eines Stiftes, Reißen eines Bindedrahtes oder dergl. öffnet sich ein zweiteiliges Kettenglied oder eine Zange und das Seil wird frei. Das Reißen des Seiles wird also verhindert; das Fördergestell soll durch die Fangvorrichtung gefangen werden oder sich auf die Fangklinken aufsetzen.

In neuerer Zeit sind auch erfolgreiche Versuche gemacht worden, die den Zweck haben, die Fördermaschine selbstthätig zu bremsen, falls das Fördergefäß höher als bis an die Hängebank aufgeholt wird.

VII. Fahrung.

Allgemeines.

Unter Fahren versteht man die Fortbewegung von Menschen in den Grubenbauen mit Hilfe der eigenen Muskelkraft oder mittels Maschinen. Alle hierzu getroffenen Einrichtungen bezeichnet man als Fahrung. Begiebt sich der Bergmann in der Grube zu seiner Arbeit, so fährt er an oder ein, kehrt er von derselben zurück, so fährt er aus. Es ist von großer Wichtigkeit, der Mannschaft das An- und namentlich das Ausfahren thunlichst zu erleichtern, sowohl der Zeitersparnis wegen, als auch um die Ermüdung zu vermeiden. Weil fast überall da, wo gefahren, auch gefördert wird, so dienen viele Einrichtungen gleichzeitig der Fahrung und Förderung.

In den Abbauen und auf den Strecken sind besondere Einrichtungen für die Fahrung nur selten vorhanden. Hierher gehört z. B. das Aufsetzen der Berge in den Firstenbauen zu Vorsätzen (Treppenstufen) und die Verwendung von Fahrten auf steil einfallenden Lagerstätten.

Die Fahrung in Schächten dagegen erfordert besondere Herstellungen, sie kann stattfinden auf Fahrten, Treppen, auf dem Förderqestell (man sagt auch am Seil) und auf Fahrkünsten. Die Fahrung in flachen Schächten abwärts findet auch auf Rutschen statt.

Treppen werden z. B. nur ausnahmsweise in flachen Schächten benützt, die Stufen werden in das Liegende geschlägelt und nur selten in hartem Holze gezimmert oder gemauert. Gut ist es, an einer Seite ein Geländer aus Leitstangen oder abgelegten Treibeseilen herzustellen.

Namentlich in den flachen Schächten bei dem österreichischen Salzbergbau sind zur Einfahrt Rutschen im Gebrauch, neben denen zur Ausfahrt schmale Treppen

vorhanden sind. Die Rutschen bestehen aus ein oder zwei glatten Bäumen, auf welche sich der Fahrende setzt. Beim Hinabgleiten erfaßt derselbe mit der durch einen starken Handschuh geschützten Hand ein Leitseil, es kann hierdurch die Bewegung gemäßigt werden. Am unteren Ende verflachen sich die Rutschen allmählich.



Fig. 152. Stellung der Fahrten in einem saigeren Schachte.

Das Fahren auf Fahrten.

Fahrten sind starke Leitern. Die Fahrtschenkel bestehen aus halben Stangen von etwa 12 *cm* Mittelstärke, die Sprossen, am zweckmäßigsten aus hartem Holze, haben etwa 28 *cm* Abstand, sind 2 *cm* stark, an den Enden etwa 7, in der Mitte 10 *cm* hoch, die Breite der Fahrt zwischen den Schenkeln beträgt etwa 25 *cm*. Eiserne Fahrten sind seltener in Verwendung und nicht so bequem als hölzerne.

In sehr engen Schächten müssen die Fahrten saiger am Schachtausbau mittels eiserner Haspen oder Fahrtnägel befestigt werden, das Fahren auf derart eingebauten Fahrten ist jedoch sehr ermüdend. Von Zeit zu Zeit sind daher auch in diesem Falle kleine Ruhebühnen zum Abtreten von der Fahrt durch Aufnageln von Pfosten auf die Schachteinstriche herzustellen. Am zweckmäßigsten ist es, den Fahrten etwa 75° Neigung zu geben (Fig. 152).

Auf die Schachteinstriche werden schwache Hölzer, die **Fahrtfrösche**, genagelt und die Fahrten an diesen mit **Fahrtnägeln** befestigt; zwischen dem unteren Ende der Fahrt, welches auf einer Schachtbühne steht, und dem Schachtstoße muß genügender Raum zum Abtreten verbleiben. Die nächsttiefere Fahrt steht unter der nächstoberen, in der Ruhebühne ist das **Bühnloch** zum Durchfahren ausgespart. Das obere Ende der Fahrt muß genügend über die Bühne hinausreichen, oder es müssen eiserne Handgriffe im Gestein verdübelt sein, sodaß der Fahrende die Fahrt sicher betreten kann; ein festes Einsetzen des Fußes in die sämtlichen Sprossen muß unbedingt erfolgen können. Einem Fahrschacht giebt man 0·8 bis 1·0 *m* Breite, gegen anstoßende Förderschächte ist der Fahrschacht mittels Schwarten zu verschlagen. Fahrten, die nicht sofort befestigt werden können, sind in **Fahrthaken** zu hängen. Die Fahrschächte sind rein und im Winter eisfrei zu erhalten.

Das Fahren auf der Fahrt ist namentlich in wenig tiefen Schächten noch vielfach üblich; in einem 300 *m* tiefen Schachte mit unter 75° geneigten Fahrten braucht ein einzelner Mann etwa 20 Minuten zur Einfahrt und reichlich das Doppelte zur Ausfahrt. Fährt die Belegschaft hintereinander, so braucht jeder Mann verhältnismäßig mehr Zeit, da Stockungen unvermeidlich sind. Jeder folgende Mann muß, ehe er die Fahrt betritt, warten, bis sein Vordermann etwa 10 Sprossen voraus ist.

Das Fahren auf dem Förderstell.

Zur Fahrung werden fast überall die zur Förderung der Massen vorhandenen Maschinen und Einrichtungen benutzt, besondere Mannschaftsfahrschächte zur Fahrung am Seil sind nur sehr selten vorhanden. Die Massenförderung kommt beim Schichtwechsel überall auf einige Zeit, die völlig für die Mannschaftsfahrung ausreicht, zum Stillstande. Zur regelmäßigen Fahrung

am Seil und auch auf Fahrkünsten ist die Genehmigung der Bergbehörde einzuholen, welche vor der Ingebrauchnahme die sämtlichen Einrichtungen prüft. Diese sind dann von den Grubenverwaltungen in demselben guten Zustande zu erhalten. Über die fortlaufende Überwachung der sämtlichen zur Mannschaftsfahrung dienenden Einrichtungen und über deren Benutzung sind von den meisten Grubenverwaltungen Vorschriften zusammengestellt worden. Die zur Mannschaftsfahrung dienenden Gestelle sind mit starkem Schutzdach zu versehen, in den Förderträmern sind Signalzüge derart anzubringen, daß sie vom Gestell aus benützt werden können.

In einigen Ländern, z. B. im Königreich Sachsen, ist die Anbringung von Fangvorrichtungen an den zur Mannschaftsfahrung benützten Gestellen von der Bergbehörde vorgeschrieben. Auch in flachen Schächten hat man Tonnen und Gestelle mit Fangvorrichtungen versehen, die Fänger greifen an den Streichbäumen an. Ihrer Wirkung nach kann man zwei Arten von Fangvorrichtungen unterscheiden,

1. solche, welche plötzlich wirken und nach erfolgtem Seilbruche das Gestell sofort zum Stillstande bringen sollen, und

2. solche, welche nach erfolgtem Seilbruche bremsend wirken und das Gestell allmählich zur Ruhe bringen.

Bei den üblichen Fangvorrichtungen wird durch den Seilzug eine Feder gespannt und es werden hierdurch die Fänger von der Leitung zurückgezogen; nach etwa eingetretenem Seilbruche wird die Fangvorrichtung durch die Federkraft in Thätigkeit gesetzt und die Fänger greifen an den Leitungen an. Für eine zweckentsprechende Wirkung der Fangvorrichtung ist die aufwärtsgehende Bewegung des Gestelles am geeignetsten, da vor Beginn der Abwärtsbewegung ein Stillstand eintritt, während das abwärts gehende Gestell nach dem Seilbruch sofort weitere Beschleunigung erleidet. Daher schreiben

auch die Bergpolizeivorschriften bei der Mannschaftsfahrung am Seil vor, daß die Einfahrt mit wesentlich geringerer Geschwindigkeit zu erfolgen hat, als die Ausfahrt.

Um die Überzeugung zu gewinnen, daß die Fangvorrichtung zweckentsprechend wirkt, stellt man mit den Gestellen Fangproben an, am besten in Hilfsleitungen, die in der Nähe der Hängebank genau in derselben Weise wie die Schachtleitungen hergestellt werden. Hierbei hängt man das Gestell unter Einschaltung einer Auslösevorrichtung frei auf, unter das Gestell bringt man weiche Stoffe, wie Stroh in Bunden. Dann läßt man zunächst das leere, darauf das entsprechend belastete Fördergestell aus der Ruhelage frei fallen und beobachtet die Fangwirkung. Es ist hierbei zu beachten, ob alle Fänger gleichmäßig angreifen, ob das Gestell nach dem Fangen senkrecht an der Leitung hängt, wie tief es gefallen ist, bis es zum Stillstande kam, ob etwa eine Verbiegung einzelner Teile eingetreten ist u. s. w. Fallen diese Proben zur Zufriedenheit aus, so kann man dazu verschreiten, die Fangprobe so anzustellen, daß die Fangvorrichtung erst wirkt, nachdem das frei gewordene Gestell durch freien Fall eine bestimmte Geschwindigkeit erlangt hat. Es entspricht dann der Versuch dem ungünstigsten Falle in der Wirklichkeit, daß nämlich am abwärts gehenden Gestelle das Seil bricht. Man setzt die Druckkraft der Federn und die Hauptteile der Fangvorrichtung, z. B. durch Einlegen von kleinen Spreizen zwischen denselben, außer Thätigkeit und bringt am äußeren Teile der Leitbäume, oder an den Einstrichen eine Vorkehrung an, durch welche nach genau abgemessener Fallhöhe die eingelegten Spreizen herausgeschlagen werden. Nach der besonderen Einrichtung der Fangvorrichtung wird sich auch die Art der Feststellung zu richten haben. Derartige Proben sind sehr wichtig, um die Art der Einstellung bei den bremsend wirkenden Fangvorrichtungen, z. B. Abstand der Brems-

backen bei der Hoppe'schen, Keilstärke bei der Menzel'schen Fangvorrichtung u. dergl. kennen zu lernen. Die angestellten Versuche belehren auch darüber, ob die einzelnen Teile des Gestelles und der Fangvorrichtung den beim Fangen auftretenden Kräften entsprechend stark genug gebaut sind, da sonst Verbiegungen oder Brüche eintreten.

Die ältesten plötzlich wirkenden Fangvorrichtungen sind diejenigen von Fontaine und von White und Grant.

Bei der Vorrichtung von Fontaine (Fig. 153) sind die Fänger vorn in eine Schneide endende starre Hebel, die beim Seilbruche in die innere Seite der Leitbäume einschlagen. Hierbei werden die letzteren auf Durchbiegung in Anspruch genommen, auch wird die Fangwirkung verschieden sein, je nachdem die Fänger an einer Stelle angreifen, an der Einstriche liegen, oder nicht.

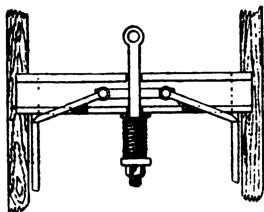


Fig. 153.
Fangvorrichtung von Fontaine.

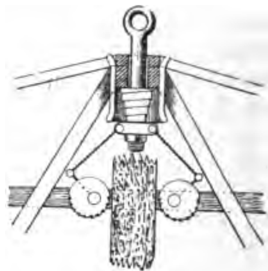


Fig. 154.
Fangvorrichtung von White und Grant.

White und Grant benutzen als fangende Teile excentrische, am Umfange gezahnte Scheiben (Fig. 154), die beim Seilbruche durch Hebelübertragung von der Königstange aus gegen die Seiten der Leitbäume gedreht werden. Hierbei gelangen zwar die Zähne kurz nacheinander zum Eingriff, jedoch immer noch so schnell, daß die Wirkung eine plötzliche zu nennen ist. Im Ernst-

falle kommt es häufig vor, daß zwar die ersten Zähne in die Leitungen eingreifen, sich aber mit den Holzspänen, die abgestoßen werden, ausfüllen, dadurch am weiteren Eindringen behindert werden und dann an den Leitungen entlang gleiten; oder die ersten Zähne hobeln an der ganzen Länge der Leitungen Späne ab. In beiden Fällen findet ein wirksames Fangen nicht statt und das Gestell fällt bis in's Schachttiefste.

Die allmähliche Wirkung der Fangvorrichtung hat man auf sehr verschiedenen Wegen zu erreichen versucht. Von den vielen Anordnungen seien die folgenden hervorgehoben, weil sie sich bewährt haben oder bei den angestellten Versuchen recht gute Ergebnisse lieferten.

Bei einer Gruppe von Fangvorrichtungen, die auch für eiserne Leitungen brauchbar sind, wird durch Andrücken der Bremsbacken an die Leitungen die nötige Reibung erzeugt, um das Bewegungsmoment des Gestelles allmählich zu vernichten.

Bei der Hoppe'schen Fangbremse ist das ganze Gestell (Fig. 155) etwas elastisch gebaut, die Bremsbacken stehen mit Kniehebeln in Verbindung und werden beim Seilbruche durch Federn und Zugstangen zum Angriff an die Leitungen gebracht, dann von den Kniehebeln angepreßt. Eine vorhandene Hubbegrenzung schützt die Bremseinrichtung vor zu starker Beanspruchung. Je nach den besonderen Verhältnissen ist eine genaue Einstellung der Kniehebel nach ihrer Länge und Neigung erforderlich und durch Versuche zu prüfen.

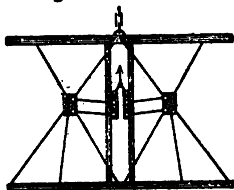


Fig. 155.
Hoppe'sche Fallbremse für eiserne Leitungen.

Bei den Keilfangvorrichtungen, unter denen die Pinno'sche (Fig. 156 und 157) eine der bekanntesten ist, haben die Bremsbacken Keilform und werden durch

entsprechend gestellte Hängestangen des Gestelles geführt und angepreßt.

Bei der Wolf'schen Schraubenbremse (Fig. 158 und 159) ist die Einrichtung die folgende: Beim Seilbruch werden durch zwei Hebel zwei Reibungsräder r, deren Achsen horizontal geführt sind, leicht an die Innenseite der Leitbäume gedrückt und beim Weiterfallen des Gestelles in Umdrehung versetzt. Die Achse jedes Reibungsrades ist beiderseits verlängert und an der einen Seite als rechts-, an der anderen Seite als linksgängige Schraubenspindel geschnitten; auf diesen sitzen mit entsprechenden Muttern die Bremsbacken b, deren wirkende Flächen leicht gerieft sind. Durch die Drehung der Reibungsräder werden die Bremsbacken mehr und mehr an die Leitbäume angepreßt. Ein Mangel der Wolf'schen Schraubenbremse — der aber wohl abgestellt werden könnte, — besteht darin, daß sich die Reibungsräder

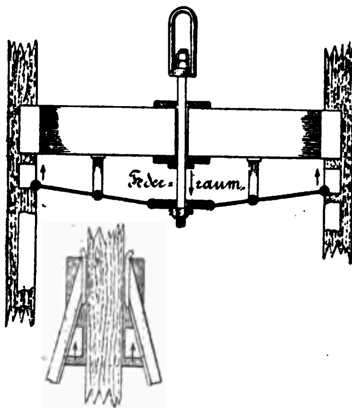


Fig. 156 u. 157.
Keil-Fangvorrichtung nach Pinno.

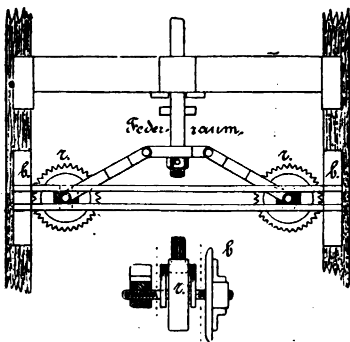


Fig. 158 u. 159.
Schraubenbremse von Wolf.
r Reibungsräder, b Bremsbacken.

beim Eintreten eines Seilbruches am schnell aufgehenden Gestell, so lange die Aufwärtsbewegung noch dauert, nach der anderen Richtung drehen und die Bremsbacken von den Leitungen entfernt werden. Erst wenn die Abwärtsbewegung beginnt, werden die Bremsbacken den Leitungen wieder genähert, es geht also der für das Fangen günstigste Augenblick, der Stillstand des Gestelles, ungenützt vorüber.

Unter den mannigfachen Abänderungen der Fontaine'schen Fangvorrichtung dürfte diejenige von Münzner und Kley (Fig. 160, 161), die auf dem Ferdinand-Schachte der Königlichen Grube Churprinz bei Freiberg zur Verwendung gelangt ist*), Beachtung verdienen. Die Fänger greifen an den Seiten der Leitbäume an, beanspruchen dieselben also nicht auf Durchbiegung. Die starren Hebel enden in Zähne, welche Furchen in den Leitbäumen ziehen sollen, das Eindringen in letztere ist durch die Form, welche Fig. 161 wiedergibt, begrenzt. Die Lücke zwischen den Zähnen verengt sich sowohl nach oben als auch nach der Tiefe zu, sodaß die zwischen den Zähnen stehen bleibenden Späne eine starke Zusammenpressung erleiden. Die Ergebnisse der Fangproben sind sehr zufriedenstellend gewesen, da die 700 *kg* schweren und mit 860 *kg* belasteten Gestelle bei etwa 3 *m* Fallgeschwindigkeit nach dem Eingriff der Fänger

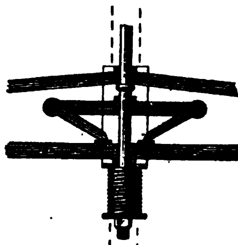


Fig. 160.
Fangvorrichtung von Münzner und Kley.

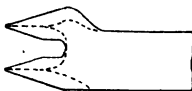


Fig. 161.
Form der Fangklaue.

---

*) Menzel, Jahrbuch f. d. Berg- und Hüttenwesen im Königr. Sachsen 1890, I. 150.

noch einen Weg von 35 *cm* zurücklegten und allmählich zur Ruhe kamen, wobei die bremsende Wirkung deutlich hervortrat.

Bei einer anderen Gruppe von Fangvorrichtungen sind die eigentliche Fangvorrichtung und das Gestell derart unabhängig von einander, daß letzteres nach dem Angriff der Fangvorrichtung noch durch eine gewisse Fallhöhe niedersinken kann und hierbei gebremst wird. Die Fangvorrichtung kann hierbei plötzlich wirken.

v. Sparre verbindet das Gestell mit einem Kolben, der, nachdem die Fangvorrichtung gewirkt hat, in einem entsprechenden etwa 2 *m* langen Cylinder Seegras, Roßhaar u. dgl., sowie die mit eingeschlossene Luft zusammenpreßt und hierdurch das Gestell zur Ruhe bringt, indem der Druck auf die Fangvorrichtung nur nach und nach gesteigert wird.

Menzel befestigt an dem mit der Fangvorrichtung verbundenen Querstück etwa 30 *cm* lange Prismen von Messing und hängt das Gestell mittels starker Stahlschneiden auf ihnen auf. Fangen die Excenter der Fangvorrichtung, so schneiden die Stahlmesser Späne von den Messingprismen ab. Durch diese Arbeitsleistung wird die lebendige Kraft des Gestelles vernichtet.

Dienen Seile zur Leitung für die Gestelle, so beruht die Wirkung der benutzten Fangvorrichtungen darauf, daß die Seile durch Andrücken von Hebeln eingeklemmt werden.

Die Fahrkünste.

Die Fahrkünste wurden im Jahre 1833 am Harz erfunden, sie bestehen aus abwechselnd auf- und niedergehenden Gestängen, an denen sich feste Tritte zum Darauftreten und Handgriffe zum Anhalten befinden, es giebt eintrümige und zweitrümige Fahrkünste. Die Bewegung und Führung der Gestänge, ebenso der Bau derselben, entspricht völlig den Einrichtungen bei den Gestängen der Wasserhaltungsmaschinen (vgl. S. . .). Bei

den durch direct wirkende Dampf- oder Wassersäulenmaschinen betriebenen Fahrkünsten giebt man 3—4 *m* Hub, bei den durch umgehende Maschinen (Wasserräder, Turbinen, Wassersäulenmaschinen) in Bewegung gesetzten und in diesem Falle immer zweitrümigen Fahrkünsten giebt man bis 2 *m* Hub, die Kraftübertragung erfolgt mittels Krumzapfen, Schubstangen und Kunstkreuze.

Die Hubpausen, welche zum Übertreten nötig sind, werden bei den umgehenden Maschinen durch die Stellung der Kurbeln auf den toten Punkten bedingt, bei den hin- und hergehenden Maschinen werden die Hubpausen durch Kataraktsteuerung hervorgebracht. Die Fahrkünste machen meistens etwa 5 Spiele in der Minute.

Die Beanspruchung der Kraftmaschinen schwankt sehr bedeutend, je nachdem die Fahrkunst leer geht oder nur ein- oder nur ausgefahren wird. Geht die Fahrkunst leer, so sind nur die Widerstände zu überwinden, fährt die Mannschaft aus, so ist deren ganze Last zu heben, fährt die Mannschaft ein, so wirkt deren Gewicht beschleunigend auf den Gang der Fahrkunst. Es sind daher an den Kraftmaschinen Bremsvorrichtungen vorzusehen, und der Maschinenwärter hat den Gang der Maschinen so zu regeln, daß die zulässige Anzahl Spiele nicht überschritten wird. Die zweitrümigen Fahrkünste sind die ältesten. Die beiden Gestänge befinden sich in etwa 70 *cm* gegenseitigem Abstande, die Tritte und Handgriffe stehen beim Hubwechsel in gleicher Höhe und gestatten das Übertreten von einem Gestänge zum anderen. Der Einfahrende tritt stets auf das niedergehende, der Ausfahrende auf das aufgehende Gestänge. Die Trittbretter bestehen aus hartem Holze und sind mittels consolartiger Eisen an den Gestängen befestigt, die Handgriffe bestehen aus Rundeisen. Ist die Entfernung der Tritte an jedem Gestänge gleich der doppelten Hubhöhe (Fig. 162 und 163), so wird zu gleicher Zeit nur ein- oder ausge-

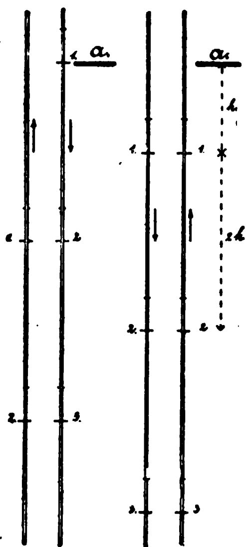


Fig. 162. Fig. 163.
Zweitrümige Fahrkunst.
a Schachtbühne.

fahren, es tritt z. B. der einfahrende Mann von einer Schachtbühne a auf den 1. Tritt rechts, Fig. 162, beim Hubwechsel, Fig. 163, auf den 1. Tritt links, beim nächsten Hubwechsel, Fig. 162, auf den 2. Tritt rechts u. s. w.; sind dagegen bei genügendem Platze die Tritte in einfacher Hubhöhe angebracht, so kann zu gleicher Zeit auf den Tritten mit ungerader Zahl ein-, auf denen mit gerader Zahl ausgefahren werden. In jedem Falle legt ein fahrender Mann bei einem Spiele der Fahrkunst einen Weg von der doppelten Hubhöhe zurück.

Bei den eintrümigen Fahrkünsten ist nur ein Gestänge mit Tritten und Handgriffen im Abstande der Hubhöhe vorhanden, und im Schachte sind in eben solchen Abständen feste Bühnen eingebaut. Der Einfahrende tritt beim Hubwechsel auf den niedergehenden Tritt, steigt auf der nächsten Bühne ab und wartet den Aufgang des Gestänges ab, dann tritt er beim Gestängeniedergang auf den nächst tieferen Tritt u. s. w.

In den Fahrkunsttrümern sind Fahrten einzubauen, die es den Fahrenden ermöglichen, jederzeit, etwa bei zufälligen Stillständen, die Fahrkunst verlassen zu können, auch müssen Signale zum Stande des Maschinenwärters vorhanden sein, endlich ist durch entsprechende Verkleidung der Fahrkunstschächte Vorsorge zu treffen, daß kein Fahrender beim Gestängeaufgange unter einen Zimmerungsteil kommen kann.

Außer den bei den anderen Gestängemaschinen angewendeten Mitteln zur Gewichtsausgleichung beider Gestänge und zur Sicherung bei Gestängebrüchen läßt sich bei den zweitrümigen Fahrkünsten noch eine besondere Vorkehrung durch Kettenrollen daher treffen, weil der Abstand beider Gestänge ein verhältnismäßig geringer ist. Die Kettenrollen sind eiserne, am Umfange mit Nut versehene Scheiben, deren Durchmesser gleich dem Abstande der Gestänge ist, sie sind in der Mitte zwischen beiden Gestängen fest verlagert, über jede Kettenrolle läuft eine starke Kette, welche je mit einem Ende an einem Gestänge befestigt ist. Findet ein Gestängebruch statt, so soll der untere Gestängeteil an diesen Ketten in der Schwebe erhalten werden.

Vergleich der verschiedenen Arten der Fahrung.

Auch wenn regelmäßige Mannschaftsfahrung am Seile oder auf der Fahrkunst stattfindet, macht sich der Einbau von Fahrten in einem besonderen Fahrtentrum nötig, nicht nur für die im Schachte auszuführenden Arbeiten, sondern auch zur Fahrung für den Fall, daß an den anderen Fahreinrichtungen Beschädigungen stattfinden. Während die Fahrung am Seile mittels derselben Einrichtungen erfolgt, die auch zur Massenförderung dienen, ist für Aufstellung und Betrieb einer Fahrkunst ein besonderes Schachttrum und eine Betriebsmaschine erforderlich.

Was die Sicherheit der verschiedenen Arten der Fahrung anbelangt, so ist durch die Statistik nachgewiesen, daß allen drei Arten fast dieselbe Gefährlichkeit beiwohnt, doch treten bei der Fahrung auf Fahrten Unfälle Einzelner auf, während bei der Fahrung am Seil und auf Fahrkünsten leider zuweilen ein Massenunglück vorkommt. Bei der Fahrung auf Fahrten wird der Fahrende in den meisten Fällen durch eigene Aufmerksamkeit einen Unfall vermeiden können, während bei der

Fahrung am Seil und auf der Fahrkunst die persönliche Sicherheit wesentlich von dem guten Zustande aller in Betracht kommenden Einrichtungen und von der Aufmerksamkeit des Maschinenwärters abhängt.

Auf Fahrten kann entweder nur aus- oder nur eingefahren werden, die Seilfahrung gestattet Aus- und Einfahrt zu gleicher Zeit und bei den Fahrkünsten kommt es in dieser Beziehung auf die besondere Einrichtung der Tritte in jedem Falle an.

Auf einer Fahrkunst wird zur Ein- und Ausfahrt die gleiche Zeit gebraucht, auf Fahrten fährt man etwa in der halben Zeit an als aus, bei der Seilfahrung ist es umgekehrt, da bei der Einfahrt gewöhnlich langsamer getrieben werden muß, als bei der Ausfahrt.

Was den Kraftaufwand für den Fahrenden betrifft, so ist mit der Seilfahrung kein, mit der Fahrung auf der Fahrkunst kaum ein Kraftaufwand verbunden, auch die Einfahrt auf den Fahrten greift wenig an, dagegen ist zur Ausfahrt auf Fahrten eine bedeutende Kraftleistung erforderlich, die um so mehr in's Gewicht fällt, als sie der Arbeiter nach beendeter Arbeitszeit noch verrichten muß.

Zur Berechnung des Zeitbedarfes für die Ein- und Ausfahrt giebt das folgende Beispiel einen Anhalt. Es soll eine Belegschaft von 300 Mann in einem Schachte von 500 *m* Teufe an- und ausfahren.

1. Auf bequemen Fahrten braucht der erste Mann zur Einfahrt etwa 35 Minuten. Jeder folgende Mann tritt etwa $1/5$ Min. später auf die Fahrt, sodaß zur Anfahrt der ganzen Belegschaft gebraucht werden: $35 + \frac{299}{5} = 95$ Minuten oder 1 Stunde 35 Minuten. Zur Ausfahrt ist die doppelte Zeit, also 3 Stunden 10 Min. erforderlich.

2. Findet Seilfahrung auf 2-Etagengestellen statt und fahren auf jeder Etage 6 Mann, so können auf einmal 12 Mann befördert werden. Wird mit 2 *m*

Geschwindigkeit eingefahren, so sind für ein Gestell 250 Secunden erforderlich. Für das Aus- und Einsteigen rechnet man gewöhnlich 1 Minute, sodaß die Einfahrt von je 12 Mann 310 Secunden oder 5 Minuten und 10 Secunden erfordert. Dann dauert die Einfahrt im ganzen: $\frac{300}{12} \times 310'' = 7750''$ oder 2 Stunden 9 Minuten.

Bei der Ausfahrt erfordert jeder Aufzug, wenn mit 4 *m* Geschwindigkeit gefördert wird, 125 Sec., dazu kommen wieder für Aus- und Einsteigen 60 Sec., daher nimmt die Ausfahrt der 300 Mann $25 \times 185 = 4625$ Sec. oder 1 Stunde 17 Min. Zeit in Anspruch.

3. Wird auf einer Fahrkunst angefahren, die bei 4·0 *m* Hub 5 Spiele in der Minute macht, so legt jeder Mann in einer Minute $5 \times 4 \times 2 = 40$ *m* zurück und durchfährt den Schacht in 12 $^1/_2$ Minuten. Jeder folgende Mann steigt $^1/_5$ Min. später auf, es dauert daher die ganze Ein- oder Ausfahrt

$$12\tfrac{1}{2} + \frac{299}{5} = 72\tfrac{1}{2}$$ Minuten oder 1 Stunde 12 ½ Minuten.

Es stellt sich daher unter den angegebenen Verhältnissen, was Zeitaufwand und Kraftersparnis betrifft, das Fahren auf der Fahrkunst am günstigsten.

VIII. Die Wasserhaltung.

Allgemeines.

Unter Wasserhaltung versteht man diejenigen Veranstaltungen, durch welche die Grubenbaue frei von Wasser erhalten werden. Füllen sich die Grubenräume trotz der angewendeten Mittel mit Wasser, so sagt man, die Grube ersäuft, ist ersoffen.

Man unterscheidet: Die Wasserlosung, das sind Vorkehrungen, durch welche das Wasser von den Grubenbauen ferngehalten wird; es gehören hierher auch die Stölln, da sie den Wassern einen natürlichen Abfluß aus den Grubenbauen ermöglichen. Die Wasserhebung bezweckt, die in den Grubenbauen, im besonderen in den Tiefbauen, angesammelten Wasser wieder zu entfernen.

In ersterer Beziehung kann man das Wasser über Tage abfangen und ableiten und demselben unter Tage durch wasserdichten Abschluß seiner Zuflußcanäle den Eintritt in die Grubenbaue verwehren, d. h. Verdämmungen anlegen. Was den zweiten Punkt betrifft, so muß das Wasser aus den Grubenbauen so weit gehoben werden, daß es über Tage oder auf einem Stolln abfließen kann.

Wenngleich alles Wasser, das in die bergmännischen Baue dringt, von atmosphärischen Niederschlägen herstammt, so unterscheidet der Bergmann doch Tagewasser und Grundwasser. Die ersteren sind solche Wasser, welche von über Tage her auf kurzem und bekanntem Wege in die Grubenbaue gelangen, deshalb aber auch über Tage abgeleitet oder in oberen Teufen abgefangen werden können. Ihre Menge und Temperatur unterliegt entsprechend den Jahreszeiten und der Menge der atmosphärischen Niederschläge erheblichen Schwankungen. Grundwasser nennt man solche Wasser, die dem Bergbau in

größerer Tiefe zugehen, ihre Menge und Temperatur ist das ganze Jahr hindurch ziemlich gleichbleibend. Zuweilen bemerkt man mit zunehmender Tiefe des Bergbaus eine stetige Abnahme des Wasserzuflusses, oft nimmt jedoch mit der Tiefe der Baue die Menge der Grundwasser zu. Mehrfach sind Fälle bekannt geworden, in denen durch den Bergbaubetrieb warme Quellen erschroten wurden. Es kommt vor, daß beim Auffahren einer tieferen Sohle die Wasserzugänge sehr bedeutende sind, nachdem jedoch die Baue eine gewisse Ausdehnung erlangt haben, nehmen die Wasserzugänge allmählich ab, bis die betreffenden Baue später sogar völlig trocken werden. Man kann sich daher wohl vorstellen, daß die Grubenbaue drainierend auf das Gebirge wirken. Zu den Grundwassern sind auch diejenigen unterirdischen Wasseransammlungen zu rechnen, die sich in Hohlräumen, sogen. Schlotten, vorfinden und die oft zum Ersaufen von Gruben Veranlassung geben, so die Schlottenzüge im Gyps des Mansfeldischen Kupferschiefergebirges.

Die Menge der in die Grubenbaue eindringenden Wasser hängt im allgemeinen ab:

1. von der Oberflächenbeschaffenheit. In gebirgiger Gegend pflegen die atmosphärischen Wasser schnell den Thälern zuzufließen, es findet sich daher auf den Höhen weniger Grundwasser, als in den Thälern; in ebener Gegend ist das Grundwasser gleichmäßiger verteilt.

2. Die Witterungsverhältnisse verschiedener Länder sind nicht nur bezüglich der durchschnittlichen jährlichen Regenmenge, sondern auch betreffs der Verteilung derselben auf die Jahreszeiten eigentümlich. Es giebt Länder, in denen es fast gar nicht regnet und solche, in denen während des ganzen Jahres viel atmosphärische Niederschläge die Regel sind.

3. Die Durchlässigkeit der an der Erdoberfläche auftretenden Gebirgsschichten ist für das Eindringen des

Wassers in größere Tiefen (Bodenfeuchtigkeit) sehr wesentlich; so ist Sand wasserdurchlässig, Thon undurchlässig.

4. Die Beschaffenheit der tiefer gelegenen Gebirgsmassen wird in dieser Hinsicht als geschlossen oder offenklüftig unterschieden. Vorhandene Klüfte, Gänge mit aufgelöster Gangmasse führen das Wasser schnell in größere Tiefe. Schwimmendes Gebirge verhält sich fast wie Wasseransammlungen selbst, dabei werden die sandigen Bestandteile noch besonders lästig, indem sie die Baue verschlämmen und den Gang der Wasserhaltungsmaschinen unmöglich machen.

5. Je mehr sich die Grubenbaue unter der Oberfläche ausbreiten, desto mehr Wasserzugänge sind in der Regel zu vermuten.

Wasserlosung.

Durch Vorkehrungen über Tage sucht man die Tagewasser am Eindringen in die Tiefe zu hindern, durch Ausführungen in der Grube vermeidet man die Verfällung der etwa eingedrungenen Wasser in größere Tiefen und hält die Grundwasser von den offenen Grubenbauen ab.

Die Tageöffnungen der Grubenbaue, die Hängebänke der Schächte, die Stollnmundlöcher, auch die Tagebaue, sowie alte Pingen sind gegen das Eindringen der Tagewasser zu schützen. Die Schachtpunkte sind in ebener Gegend so zu wählen, daß sie wenn auch nur auf geringe Bodenanschwellungen zu liegen kommen, auch zieht man um Schächte und Tagebaue Gräben zur Wasserableitung oder führt, um Überflutungen zu begegnen, Dämme auf. In Thälern sind Schächte und Stölln nicht zu nahe der Thalsohle, jedenfalls über dem Hochwasserstande anzusetzen, wenn nicht die Rücksicht auf Haldensturz eine höhere Lage bedingt.

Um die Bodenfeuchtigkeit nicht in sehr große Tiefen eindringen zu lassen, kann man den Boden drainieren, namentlich ist das bei nassen Wiesen wichtig. Sümpfe und stehende Gewässer können durch Abzugsgräben entleert, kleinere fließende Gewässer in Spundstücke (Fluter), gefaßt werden. Letztere (Fig. 164) bestehen aus drei, oder je nach der Größe mehr, starken Pfosten a, in die Fugen wird weiches Moos gebracht, die Stoßfugen werden durch Feder und Nut gedichtet. Größere Spundstücke setzt man auf Langschwellen b, verstärkt sie durch Spreizen c und legt in Abständen von etwa 4—5 *m*, namentlich auch an den Stoßfugen, Zwingen d darum.

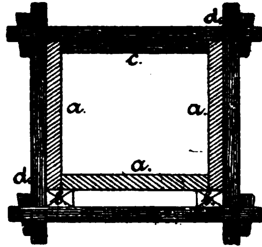


Fig. 146. Spundstück:
a Pfosten, b Langschwellen, c Spreize, d Zwinge.

Mit den Bauen wird man den Gewässern über Tage möglichst fern bleiben und unter denselben Sicherheitspfeiler stehen lassen. Auch unter Stölln und Wasserstrecken, sowie an den Grubenfeldgrenzen sind Sicherheitspfeiler zu belassen. Beim Abbaue sind wasserundurchlässige Schichten zu schonen und es ist deren Zubruchegehen vorzubeugen, so sind z. B. die Thonmassen unberührt zu lassen, die manche Salzstöcke umgeben.

Das Hineintreten des Wassers in die Grubenbaue wird durch wasserdichten Ausbau (vgl. S. 156) von Strecken und Schächten, sowie durch Verdämmen solcher Grubenbaue verhindert, mit welchen Wasserzuflüsse angefahren wurden. Bei bevorstehenden Durchschlägen in mit Wasser erfüllte alte Baue sind besondere Vorsichtsmaßregeln nötig, um Wassereinbrüche in die fahrbaren Baue zu vermeiden. Es sind Vorbohrlöcher zu stoßen, nicht nur in der Ortsrichtung, sondern je nach Umständen

auch in die Firste, die Sohle und in die Stöße. Es ist ferner eine Wasserblende (Wasserthür) zu hängen (vgl. S. 232), um nach erfolgtem Durchschlage der Belegschaft Zeit zur Flucht zu geben und um die Wasser abzufangen. Die Abmessungen derartiger Betriebe sind auf das nötige Maß zu beschränken, der Fluchtweg ist durch verschlossene Laternen (in Schlagwettergruben Sicherheitslampen) und durch Anbringen von Leitseilen in gut fahrbaren Zustand zu setzen. Am sichersten ist es, wenn bei bevorstehendem Durchschlage in größere Wasseransammlungen andere Baue in derselben oder in tieferen Sohlen nicht belegt werden.

Um die Sohle der Stölln und Wasserstrecken wassertragbar herzustellen, wendet man, falls das Gebirge zerklüftet ist, folgende Mittel an: Ausschlagen mit Lehm, Ausgießen mit hydraulischem Mörtel, Schlagen von Sohlengewölben, Verkeilen der Klüfte, Legen von Gerinnen oder Spundstücken, auch Verumbruchen von einzelnen Stollnteilen. Unter Verumbruchen versteht man das Auffahren einer anderen Strecke neben der alten, z. B. einer Strecke im Quergestein, nachdem sich die Sohle der ursprünglich auf einem Gange aufgefahrenen Strecke als wasserdurchlässig erwiesen hat.

Hierher gehört auch das Auffangen der Traufwasser in Schächten. Bei Schrotzimmerung legt man Wasserjöcher; in Schächten, die in ganzem Gestein stehen, schlägelt man Gequelle (kleine Spitzgerinne) in die Stöße. In Fahr- und Kunstschächten bringt man Traufbühnen an, die aufgefangenen Wasser werden in Lutten den nächsten Pumpensätzen zugeführt.

Im Kohlengebirge kommt es häufig vor, daß die aus dem Deckgebirge stammenden Wasser in den Schächten aufgefangen und durch kleine Pumpen gehoben werden können, während sich in den Tiefbauen so gut wie gar keine Wasser ansammeln.

Die Verdämmungen.

Der Einbau eines Dammes hat den Zweck, die zusitzenden Wasser dauernd oder zeitweilig abzusperren. Dämme werden in Strecken, seltener nach denselben Grundsätzen in Schächten eingebaut. Die Dammstelle ist in festes und unzerklüftetes Gestein zu legen; wenn wenig Druck vorhanden ist, stellt man die Dämme in Schlitze, bei stärkerem Wasserdrucke baut man sie gewölbeartig und verwiderlagert sie. Widerlager und Schlitze sind, um eine Zerklüftung des Gebirges zu verhüten, durch Schlägel- und Eisenarbeit herzustellen. Vor dem Damme nennt man diejenige Seite, gegen welche der Wasserdruck wirkt, hinter dem Damme die entgegengesetzte.

Man unterscheidet Holz- und Mauerdämme. Die ersteren sind entweder Balkendämme, bei ihnen wirkt der Wasserdruck rechtwinklig gegen die Längsrichtung der Balken, oder Keilverspünden, bei denen der Wasserdruck auf das Hirnholz wirkt. Die letzteren haben die Form einer abgestumpften Pyramide oder eines Hohlkugel-Ausschnittes und stützen sich gegen vier Widerlager, jedes einzelne Holz hat ebenfalls die Form einer abgestumpften Pyramide und wird genau nach Schablone gearbeitet. Keilverspünden werden nur noch selten angewendet.

Mauerdämme werden aus Klinkern und hydraulischem Mörtel erbaut und als Cylinderdämme mit zwei, häufiger noch als Kugeldämme mit 4 Widerlagern hergestellt.

Zur Abtrocknung der Dammstelle während des Baues schlägt man vor und hinter derselben Hilfsdämme aus Bohlenstücken, die in Schlitze eingesetzt und mittels Thon abgedichtet werden. Das Wasser wird in Gerinnen aufgefangen und über die Dammstelle fortgeleitet.

Soll durch einen fertigen Damm hindurch eine allmähliche Zäpfung des Wassers stattfinden, so baut man nahe

der Sohle ein eisernes Wasserrohr (vgl. Fig. 167 S. 233) ein. Es ist beiderseits mit Flanschen und hinter dem Damme mit Verschlußvorrichtung versehen, letztere besteht aus einem Hahnverschluß, oder aus einem Deckel, der ähnlich wie ein Tellerventil (vgl. Fig. 178/79 S. 247) geführt und mit Gummidichtung versehen ist, zur Feststellung dient ein Bügel mit Preßschraube. Auch Klappenventile werden angewendet.

Muß während des Baues vor dem Damme gearbeitet werden, z. B. beim Verkeilen der Balkendämme, so ist ein Mannloch, auch Fahrrohr oder Einsteigeöffnung genannt, rechtwinklig oder elliptisch in den Abmessungen von 45 × 25 *cm* anzuordnen. Der Verschluß erfolgt durch einen keilförmigen Spund mit Bügel und Zugschraube oder durch ein starkes Klappenventil, welches durch etwaigen Wasserdruck selbstthätig schließt.

Bei Holzdämmen verlegt man nahe der Firste, ähnlich wie bei dem wasserdichten Ausbau in Holz, ein Luftrohr von etwa 1 *cm* Weite. Bei Mauerdämmen bedarf es dessen nicht, da die porösen Ziegel die Luft entweichen lassen.

In einen Damm, welcher für den Fall späteren Wasserzuflusses eingebaut wird, und durch den Fahrung und Förderung zunächst ungehindert stattfinden sollen, baut man eine Dammthür ein (vgl. Fig. 167 S. 233). Bei Holzdämmen ist auch die Thür von Holz, bei Mauerdämmen aus Schmiedeeisen in gußeisernem Rahmen. Während längerer Betriebsunterbrechungen werden die Dammthüren, soweit die Wetterführung es gestattet, der Vorsicht halber geschlossen gehalten.

Balkendämme.

Je nachdem die Balken die geringste Länge erhalten, wendet man stehende oder liegende Balkendämme an und zwar für kürzere Dauer aus Nadelholz, für längere Dauer aus Eichenholz. Entweder werden Widerlager hergerichtet, bei stehenden Dämmen in Firste und Sohle,

bei liegenden in den Stößen, oder man baut den Damm in einen Schlitz ein.

Beim Einbau eines liegenden Balkendammes erfolgt das Hauen der Widerlager etwa unter einem Winkel von 20° gegen die Mittelebene der Strecke. Da bei starkem Wasserdrucke ein Fortschieben des Dammes stattfindet, so muß die Länge der Widerlager die Stärke des Dammes um etwa die Hälfte übersteigen. Auf die Widerlager wird eine Schicht trockenes Moos gebracht, darauf weiche Bretter, deren Faserrichtung parallel zur Strecke liegt. Die Balken werden aus recht trockenem Holze genau nach Maß geschnitten, das Einlegen beginnt an der Sohle, dann werden von der Firste her Balken eingebracht und verloren aufgestemmt. Die Balken an der Sohle und Firste lassen vorn gegen das Gestein eine Fuge von etwa 2 *cm* Weite zum Verkeilen frei. Schließlich wird der letzte Balken an eingeschraubten Handgriffen in die Lücke gezogen. Es wird ein Luftrohr, gewöhnlich auch ein Wasserrohr eingebaut; die mittelsten Balken nimmt man recht stark und schneidet aus jedem die Hälfte des Mannloches aus. Letzteres ist nötig, da von der Vorderseite verkeilt (pikotiert) wird; hiermit beginnt man in der Firsten- und Sohlenfuge und rückt allmählich nach der Ortsmitte zu vor (vgl. S. 156).

Der Einbau einer Wasserblende (vgl. S. 228) erfolgt in einen Schlitz (Fig. 165 u. 166). An Firste und Sohle werden zunächst liegende Balken l eingebaut, gegen diese widerlagern stehende Balken s an den Streckenstößen. Hierdurch wird der Streckenquerschnitt bis auf das Maß der Thür verengt. Diejenigen beiden Balken, welche als Thürsäulen dienen, sind besonders stark zu wählen, da sie bei einem etwaigen Wasserdurchbruche den Hauptdruck auszuhalten haben; der Raum zwischen dem obersten und untersten Teile der Thürsäulen vor den liegenden Balken wird durch Balkenabschnitte a ausgefüllt. Sämtliche Balken werden in dem Schlitze und unter einander gut verkeilt. Die Thür muß in den so herge-

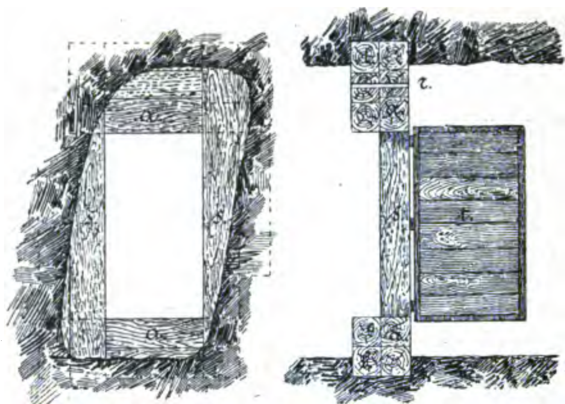


Fig. 165 u. 166. Wasserblende.
r Luftrohr, l Liegende Balken, s Stehende Balken, t Thür.

stellten Rahmen gut passen, sie wird aus zwei kreuzweisen Lagen starker Pfosten gezimmert, durch eiserne Bänder verstärkt und in Angeln gehängt. Durch sicheres Anhängen der offenen Thür ist Vorsorge zu treffen, daß dieselbe nicht durch den Wasserdruck selbstthätig schließt, ehe die Mannschaft geflüchtet ist; die Entfernung von dem Orte darf nicht zu groß sein. Über den Vorbohrbetrieb sind Aufzeichnungen zu führen, aus welchen die Tiefe der Vorbohrlöcher, die Stärke des vorhandenen Gestein-Zwischenmittels und die Entfernung der Blende von dem Orte ersichtlich ist.

Mauerdamm.

Der Krümmungshalbmesser eines gemauerten Kugeldammes (Fig. 167) beträgt gewöhnlich 7 bis 10 *m*, die Dammstärke 1·0 bis 1·5 *m*; bei sehr starken Dämmen werden die Widerlager abgesetzt gehalten. Mauerdämme können durch den Wasserdruck nicht fortgeschoben werden, es bedarf daher einer Verlängerung der Widerlager nicht. Die wasserdichte Mauerung wird nach

einer Lehrschnur, die im Kugelmittelpunkte fest zu legen ist, lagenweise von unten nach oben und in jeder Lage von den Stößen nach der Mitte zu bis zur halben Höhe ausgeführt. Dann bleibt in den nächsten Lagen, falls der Damm ohne Thür hergestellt wird, die Dammmitte frei, und man schließt die Lücke allmählich, indem man die Steine der weiteren Lagen überragen läßt, so daß die oberen Lagen wieder voll verlegt werden können, zuletzt wird die Öffnung geschlossen, welche während des Baues als Mannloch dienen kann. Eines Luftloches bedarf es nicht.

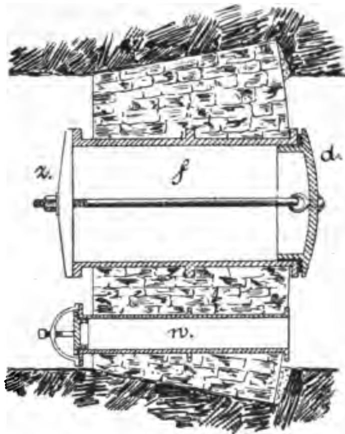


Fig. 167. Gemauerter Kugeldamm.
f Fahröffnung, w Wasserrohr, z Zugschraube, d Dammthür.

Häufig wird ein Wasserrohr w eingelegt. Dasselbe darf nicht früher geschlossen werden, als bis der Mörtel erhärtet und der Damm versintert ist. Die schmiedeeiserne Dammthür d schließt durch Gummieinlage dicht gegen den gußeisernen Rahmen ab, dessen kastenartige Verlängerung die Fahröffnung f verkleidet; sie ist in Angeln beweglich und kann mittels Querstück und Zugschraube z geschlossen werden.

Wasserhebung.

Je nach der Größe der Arbeitsleistung bei der Wasserhebung sind die angewendeten Hilfsmittel verschieden. Man teilt dieselben ein:

1. in solche, welche bei kleinerer Arbeitsleistung und für vorübergehende Zwecke angewendet werden, dahin gehören: bei geringer Wassermenge und bedeutenderer Hubhöhe das Wasserziehen und die Strahlapparate, bei größerer Wassermenge und kleiner Hubhöhe das Wasserschöpfen, die Centrifugalpumpe, das Pulsometer; eine besondere Stellung nehmen der Heber und die U-förmige Röhre ein.

2. in solche für größere Arbeitsleistung: die Kolbenpumpen.

Wasserhebung bei kleiner Arbeitsleistung.

Das Wasserziehen.

Aus Gesenken kann man das Wasser durch Wasserziehen mit dem Haspel entfernen, die Gefäße sind hohe Kübel oder elliptische Fässer, die auf dem Wasserspiegel angelangt, umkippen und sich selbstthätig mit Wasser füllen. Auch bewirkt man in Hauptschächten die Hebung der nur in geringer Menge vorhandenen Grundwasser durch Wassertreiben mittels der Fördermaschine und zwar gewöhnlich unmittelbar aus dem Schachtsumpfe. Die Gefäße, Wassertonnen oder Wasserhunde, sind am Boden mit selbstthätigen Ventilen versehen, die sich beim Einlassen in den Sumpf durch den Wasserdruck öffnen, das Wasser einströmen lassen und sich beim Aufholen schließen. Zum Entleeren wird das Ventil über Tage in einfacher Weise geöffnet oder die Gefäße werden umgestürzt.

Die Körting'schen Strahlpumpen.

Die Strahlpumpen werden durch Dampf, oder für Verwendung in der Grube wohl am zweckmäßigsten durch Druckwasser (von 12 und mehr Atm.) betrieben, das den höher gelegenen Pumpensätzen oder Wasserläufen entnommen und in einer schwachen Rohrleitung zur Strahlpumpe geführt wird. Hierin liegt der größte

Vorteil derselben, denn eine Rohrleitung läßt sich auch durch unregelmäßige Baue nach entfernten Teilen der Grube leicht hinlegen. Es empfiehlt sich die Verwendung der Strahlpumpen daher besonders zur Wasserhebung in den beim Gangbergbau oft vorkommenden Untersuchungsabteufen, und zwar kann man die Wasser bequem auf 40 und mehr Meter Höhe heben. Die gehobenen Wasser werden entweder der Haupt-Wasserhaltungsmaschine zugeführt, oder auf einem Stolln ausgegossen.

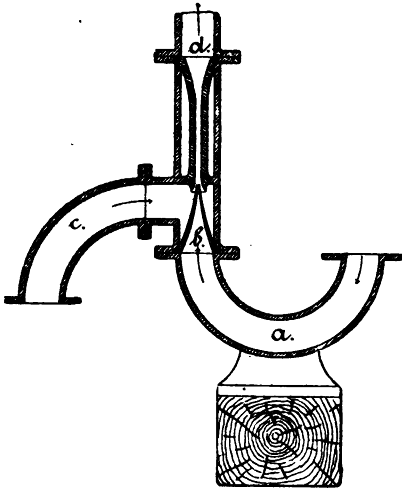


Fig. 168. Wasserstrahlpumpe.
a Einfallrohr, b Düse, c Saugrohr, d Steigrohr.

Das durch ein Einfallrohr a (Fig. 168) zugeführte Druckwasser tritt in feinem Strahle durch eine enge Düse b aus, welche der obere Teil des Saugrohres c ringförmig umgiebt; hierbei wird aus dem Saugrohre — welches übrigens mit Schläucher und Saugkorb versehen ist — Wasser mit fortgerissen. Die Saughöhe ist klein, nicht über 5 *m*, zu bemessen. Die

Strahlpumpe wird in verschiedenen Größen*) geliefert, ist sehr einfach gebaut und erfordert, da bewegte Teile nicht vorhanden sind, lediglich eine Reinhaltung der Düse. Einfallrohr, Steigrohr und Saugrohr werden zweckmäßig mit Verschlußhähnen versehen. Die Einfallrohre und Steigrohre sind an den Schachteinstrichen befestigt, das Tieferhängen der Vorrichtung beim Vorrücken des Schachtabteufens erfolgt durch Einbau je einer Rohrlänge in die Druckwasser- und Steigrohrleitung.

Das Wasserschöpfen.

Namentlich bei schwach einfallenden Betrieben (Gegenörtern) schöpft man wohl, um das Ort wasserfrei zu erhalten, das Wasser über einen Damm, dessen Höhe jedoch nicht viel über 1 *m* betragen darf. In den einfachsten Fällen schöpft man mit Kannen oder Eimern, die am zweckmäßigsten aus Blech bestehen, hierbei leistet 1 Mann etwa 150 *kgm* in der Min. Ist mehr Wasser vorhanden, so bedient man sich der Wurfschaufel, einer Schaufel mit schalenartig vertieftem Blatte, mit derselben wird das Wasser geschöpft und durch schwingende Bewegung über den Damm geworfen. Die Wurfschaufel wird wohl auch an einem Seile aufgehängt und so leicht in schwingende Bewegung versetzt (Schwungschaufel). Auf diese Weise kann ein Mann 250 *kgm* in der Minute leisten.

Die Centrifugalpumpe.

Die Centrifugalpumpe eignet sich besonders für Tagebaue und wenig tiefe Schächte, auch in der Aufbereitung wird sie zum Heben von Trübe (vgl. Abschn. X) vielfach angewendet. Der arbeitende Teil (Fig. 169) ist ein Flügelrad, welches mit Hilfe einer auf derselben Achse sitzenden Scheibe und Riemenübertragung, gewöhnlich durch eine Locomobile, in schnelle Um-

*) Körting, Wien.

drehung versetzt wird. Die Zahl der Umdrehungen kann bis 1200 i. d. Min. steigen. Das Flügelrad ist in ein Gehäuse eingeschlossen, welches nach dem Steigrohr hin spiralförmig erweitert ist. Das Saugrohr mündet nahe der Achse des Flügelrades ein, das angesaugte Wasser wird durch letzteres in drehende Bewegung versetzt, durch die Fliehkraft nach dem Umfange des Gehäuses geworfen und in das Steigrohr getrieben, während an der Achse ein weiteres Ansaugen stattfindet.

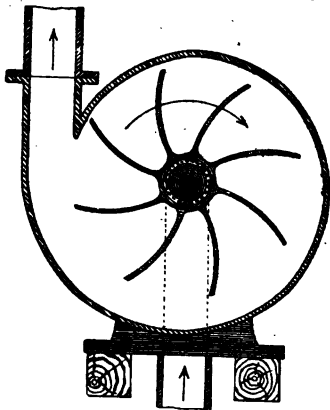


Fig. 169. Centrifugalpumpe.

Diese Pumpen eignen sich zur Hebung großer Wassermengen, bis 2 *cbm* i. d. Min., doch nur auf etwa 15 *m* Höhe; die Saughöhe ist möglichst klein zu nehmen. Vor dem Ingangsetzen muß die Pumpe mit Wasser gefüllt werden, es ist deshalb im Saugrohr eine Verschlußvorrichtung anzubringen.

Ein großer Vorzug der Centrifugalpumpen besteht darin, daß keine Ventile vorhanden sind und auch schlammiges Wasser anstandslos gehoben wird. Der Wirkungsgrad beträgt etwa 60 %, ist also kleiner als bei den Kolbenpumpen.

Das Pulsometer.

Das Pulsometer ist vom Amerikaner Hall erfunden worden und wird mittels Dampf betrieben. Es besteht (Fig. 170 und 171) aus zwei birnförmigen Kammern, den Saugventilen s, den durch Kanäle mit den Kammern

verbundenen Druckventilen d und dem Dampfzulaß-ventil v. Zuweilen ist ein Windkessel vorhanden (in der Fig. nicht gezeichnet), der mit dem Saugrohre in Verbindung steht und den Zweck hat, die Wasserstöße abzuschwächen. In den zuerst gebauten Pulsometern wurden Kugelventile verwendet, jetzt dienen als Saug- und Druckventile elastische Ventile, als Dampfventil eine pendelnde Zunge. Zum Pulsometer gehören das Dampfzuführungsrohr r, Saugrohre und Steigrohre.

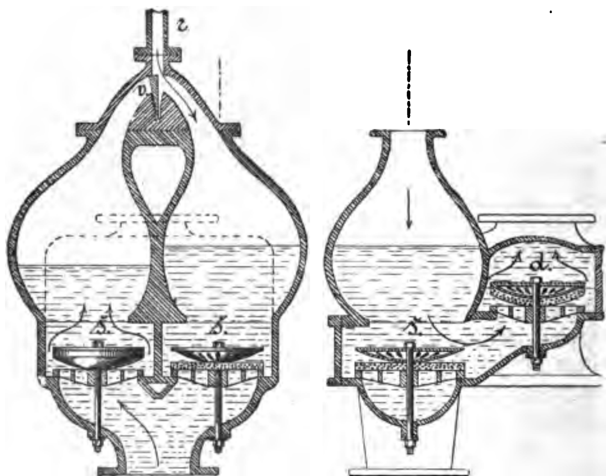


Fig. 170 u. 171. Pulsometer mit elastischen Ventilen.
s Saugventile, d Druckventil, v Dampfzulaßventil, r Dampfzuführungsrohr.

Bei der in den Fig. 170 und 171 gezeichneten Stellung strömt der Dampf in die rechte Kammer ein und drückt das in derselben befindliche Wasser durch das Druckventil in das Steigrohr. Indessen condensiert sich der Dampf in der linken Kammer und saugt durch das geöffnete Saugventil Wasser an. Hat der Dampf aus der rechten Kammer den größten Teil des Wassers her-

ausgedrückt, so tritt etwas Dampf mit dem Wasser nach dem Druckventil über, dadurch entsteht ein Sprudeln des Wassers, der Dampf beginnt sich in dieser Kammer zu condensieren und die Spannung nimmt plötzlich ab. Hierdurch schließen das Dampf- und Druckventil die Kammer ab, das Saugventil öffnet sich und es wird Wasser angesaugt. Zu gleicher Zeit strömt der Dampf nunmehr in die linke Kammer und wirkt dort drückend.

Die Saughöhe nimmt man nicht größer als 4 bis 5 *m*; bei 4 Atm. Dampfdruck sind etwa 24 *m* eine günstige Druckhöhe. Das Pulsometer verbraucht zwar viel Dampf, nämlich 2 bis 6 mal mehr als eine gute Kolbenpumpe gleicher Leistung, der Betrieb ist daher teuer, doch erfordert es wenig Raum, läßt sich schnell aufstellen und verursacht wenig Reparaturen. Für zeitweilige Wasserhebung kann es recht gute Dienste leisten. Zu beachten ist, daß durch die Dampfleitung eine starke Erwärmung der betr. Räume hervorgebracht wird.

Der Heber und die U-förmige Röhre.

Beide Vorrichtungen können insofern bei der Wasserhaltung verwendet werden, als mit dem Heber Wasser über ein Hindernis von höchstens 10 *m* Höhe hinweggehoben und durch die U-förmige Röhre Wasser unter einem Hindernisse hinweg fortgeleitet werden kann. In beiden Fällen muß die Ausflußöffnung tiefer liegen als die Einströmungsöffnung, beide Öffnungen versieht man mit Stellhähnen, auch ist beim Heber am höchsten Punkte eine durch Hahn verschließbare Öffnung zum Füllen mit Wasser und zum Entfernen etwa angesammelter Luft anzubringen. Bei der U-fömigen Röhre wird am tiefsten Punkte ein Ablaßhahn angebracht.

Bei größeren Anlagen werden eiserne Rohre verwendet. Mittels des Hebers kann man in einfallenden Strecken und Abteufen bis zu etwa 10 *m* Tiefe die Wasserhaltung ersparen, falls in der Nähe eine Verbin-

dung mit tiefer gelegenen Bauen vorhanden ist. Die U-förmige Röhre kann dazu dienen, um Wasser, die an einem Punkte abgefangen werden, auf beliebigem Wege bis zu einer etwas tiefer gelegenen Sohle, z. B. einer Stollnsohle, fort zu leiten, es kann hierdurch unter Umständen der Betrieb eines Stollnflügels erspart und das Verfällen der Wasser auf eine tiefere Sohle vermieden werden.

Die Kolbenpumpen.

Allgemeines.

Kolbenpumpen sind Arbeitsmaschinen, durch welche eine Flüssigkeit mit Hilfe eines Kolbens gehoben wird, welcher sich in einem Kolbenrohre (Pumpencylinder) hin und her bewegt. Außer den genannten Teilen sind Saug- und Steigröhren, sowie Ventile zum zeitweisen Abschluß der Rohre vorhanden. Der Wirkungsweise nach teilt man die Kolbenpumpen ein in einfachwirkende und doppeltwirkende, bei den ersteren wird nur bei der Bewegung des Kolbens in einer Richtung Wasser gehoben, das Ausgießen erfolgt daher stoßweise, bei den letzteren wird bei der Bewegung des Kolbens nach beiden Richtungen, also ununterbrochen Wasser gehoben und das Ausgießen findet beständig statt. Der Anordnung der Maschinenteile nach unterscheidet man ein-, zwei- und dreiachsige Pumpen; nach der Art der Arbeitsleistung bezeichnet man die Pumpen als Saug-, Hub- und Druckpumpen.

Saug- und Hubpumpen saugen das Wasser beim Kolbenaufgange an und gießen zu gleicher Zeit über dem Kolben Wasser aus, und zwar die Saugpumpen unmittelbar über dem höchsten Kolbenstande, wogegen die Hubpumpen das Wasser ein bestimmtes Stück über den höchsten Kolbenstand in die Höhe heben und dann erst ausgießen. Die Saugpumpen nennt man auch niedrige, die Hubpumpen hohe Sätze. Die Druck-

pumpen saugen das Wasser, während sich der Kolben in der einen Richtung bewegt, an und drücken es bei der Bewegung in der anderen Richtung in die Höhe.

Saug- und Hubpumpen (vgl. Fig. 185, 186) sind gewöhnlich einachsig, einfach wirkende Druckpumpen, vgl. Fig. 178 S. 253, zweiachsig und doppeltwirkende Druckpumpen wenigstens zum Teil dreiachsig gebaut, vgl. Fig. 188 S. 255.

Die Teile der Pumpen.

Das **Kolbenrohr**, auch Pumpenstiefel genannt, besteht gewöhnlich aus Gußeisen; für anschließende Kolben muß es innen durchaus kreisrund und völlig glatt ausgebohrt sein, Vertiefungen an den inneren Wandungen, durch Gußblasen veranlaßt, wirken zerstörend auf die Kolbenliderung. Die Länge des Kolbenrohres soll nicht größer sein als der Kolbenhub; da sich nämlich jedes Kolbenrohr mit der Zeit auf die Länge des Kolbenweges etwas abführt, dagegen an den etwa überstehenden Enden nicht, so ist in alte Kolbenrohre ein frisch geliderter Kolben schwer einzubringen.

Sind die Saug- und Steigrohre aus Gußeisen, so erfolgt die Verbindung mittels angegossener Flanschen und Schraubenbolzen, zur Dichtung dienen Platten aus Gummi, aus Weichblei, auch aus in Öl getränkter Pappe, seltener Kitt. Die Endflächen der Flanschen werden zum besseren Anschlüsse der Dichtungen beim Abdrehen leicht gerieft. Nur bei alten Saugsätzen, bei denen die angesetzten Teile aus Holz bestehen, sind die Kolbenrohre an beiden Enden ohne Flanschen (Fig. 185).

Saure Wasser, die in den Gruben sehr häufig auftreten, greifen die eisernen Teile der Pumpen stark an. Bei Pumpen mit kleinen Abmessungen wendet man in solchem Falle wohl statt des Gußeisens Gelbguß an, was jedoch teuer zu stehen kommt, oder man versieht die inneren Wandungen der Kolbenrohre u. s. w. mit Emailleüberzug, auch wohl mit Zementanstrich.

Manche Teile der Pumpen können auch statt aus Eisen aus Holz hergestellt werden, z. B. die Saugrohre. Sehr zweckmäßig ist es, das Grubenwasser zu entsäuern, d. h. demselben durch Anwendung chemischer Mittel, namentlich Kalkmilch, die Säure zu entziehen.

Eine andere recht störende Eigenschaft mancher Grubenwasser besteht darin, daß sie bei fortgesetzter Berührung mit der Luft kohlensauren Kalk absetzen. Es werden hierdurch alle mit dem Wasser in Berührung kommenden Teile mit Krusten überzogen und die Querschnitte der Rohre wesentlich verengt.

Saug- und Steigrohre bestehen am häufigsten aus gußeisernen Flanschenrohren. Werden zu Saugrohren Holzröhren verwendet, so erfolgt die Verbindung durch Einschnäuzen (vgl. Fig. 185) oder durch Verbüchsen, wie bei Wasserleitungsröhren. Durch Einschlagen von eisernen Klammern wird die gegenseitige Lage der einzelnen Rohrlängen gesichert. Zu Holzröhren muß frisches oder unter Wasser aufbewahrtes Holz, das nicht rissig ist, verwendet werden. Steigrohre, welche großen Druck auszuhalten haben, werden in den Gießereien vor der Anlieferung einer Druckprobe unterworfen. Saug- und Steigrohre erhalten $^2/_5$ bis $^3/_4$ des Durchmessers des Kolbenrohres, nur bei manchen Hubpumpen (vgl. Fig. 186 S. 251), bei denen der Kolben durch die Steigrohre bis in das Kolbenrohr eingeführt werden muß, nimmt man die Steigrohre etwas weiter als jenes.

Ist unreines Wasser zu heben, so versieht man die untere Öffnung des Saugrohres mit einem Saugkorbe, der aus Weidengeflecht oder gelochtem Eisenblech besteht, die Summe seiner Öffnungen soll etwa gleich dem Querschnitte des Saugrohres sein. Der Eintritt von Spänen und anderen Unreinlichkeiten in die Pumpen wird auf diese Weise verhindert.

Die Kolben werden nach ihrer Form unterschieden in Cylinderkolben, Röhrenkolben und Trichterkolben, bezüglich der Liderung in solche ohne eigentliche Lide-

rung (Plungerkolben und Röhrenkolben) und in solche mit Liderung und zwar Scheibenkolben, Stulpkolben und Kolben mit Ringliderung; letztere schließt stets dicht an die Wandungen des Pumpenrohres an. Die Liderung der beiden ersteren wird nur bei der Bewegung des Kolbens in der einen Richtung durch den Wasserdruck an die Innenfläche des Pumpenrohres gepreßt, solche Liderungen nennt man daher auch hydrostatische. Auch trennt man Vollkolben und durchbrochene (ventilierte) Kolben.

Die Plungerkolben oder Mönchskolben bestehen aus cylindrischen Metallrohren, die an einer Seite geschlossen sind, auf der anderen ragt das Gestänge in den cylindrischen Hohlraum hinein (vgl. die Fig. 178). Außen sind die Plungerkolben gut abgedreht, ihre Abdichtung erfolgt durch eine Stopfbüchse, an die Cylinderwandung schließen sie dagegen nicht an. Plungerkolben werden für einfach wirkende und als Doppelplunger auch für doppeltwirkende Druckpumpen verwendet. Bei den z. B. üblichsten Anordnungen der Ventile genügt es, wenn die lichte Weite des Pumpencylinders um einige *cm* größer ist, als der Plungerdurchmesser. Meistens bestehen die Plunger aus Eisenrohren, doch werden bei kleinen Abmessungen und sauren Wassern auch solche aus Gelbguß zur Anwendung gebracht; bei großen Abmessungen hat man mit Vollkolben aus Eichenkernholz gute Erfahrungen gemacht.

Röhrenkolben bestehen aus starkwandigen Rohren, die oben mit einem Ventile versehen sind, sie werden ebenfalls mittels Stopfbüchse abgedichtet, ihre Wirkungsweise ist derjenigen der Plungerkolben sehr ähnlich. Sie finden Anwendung bei den sogenannten Perspectivpumpen (vgl. S. 257).

Trichterkolben bestehen aus einem ledernen Trichter mit übereinandergreifenden Rändern, sie sind an die hölzerne Kolbenstange angenagelt und nur noch für Handpumpen in Gebrauch. Beim Gestängeaufgange

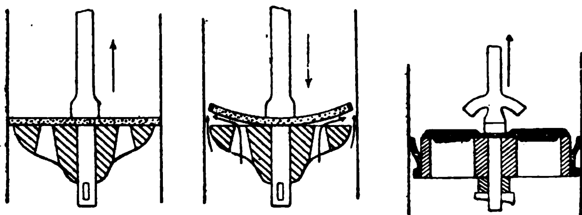
legt sich der Trichter an die Wandungen des Kolbenrohres an, beim Gestängeniedergang schieben sich die Trichterränder übereinander und das Wasser steigt zwischen dem Trichter und dem Kolbenrohre in die Höhe.

Scheibenkolben (Fig. 172 und 173) sind eine alte Form, der Kolbenkörper hat etwas kleineren Durchmesser als der Pumpencylinder und ist mit Durchgangsöffnungen für das Wasser versehen. Die Kolbenstange geht durch die Mitte des Kolbens hindurch und hält mittels einer entsprechenden Verstärkung eine Leder- oder Gummischeibe fest. Diese legt sich beim Kolbenaufgange, Fig. 172, an die Wandungen des Kolbenrohres, lidert also den Kolben und schließt zu gleicher Zeit die Durchgangsöffnungen. Beim Kolbenniedergange, Fig. 173, dagegen hebt sich die Scheibe von dem Kolbenkörper ab und es kann das Wasser an dem Umfange des Kolbens und durch die Durchgangsöffnungen über den Kolben treten. Wenn die Lederscheiben neu sind, verursachen sie viel Reibung, nachdem sie abgeführt sind, läßt der Kolben Wasser fallen, da die Liderung mangelhaft arbeitet.

Die Stulpkolben sind entweder mit einem Stulpe versehen, Fig. 174 und 175, dann sind sie durchbrochen und haben Klappenventile (einfache Stulpkolben für Saug- und Hubpumpen) oder sie sind Vollkolben, Fig. 176, und haben zwei Stulpe (Doppelstulpkolben für doppeltwirkende Druckpumpen).

Bei den einfachen Stulpkolben ist der Leder- oder Gummistulp an der Außenseite des cylindrischen Kolbenkörpers durch einen darüber gezogenen eisernen Ring befestigt, der Lederstulp wird aus mehreren Lagen Sohlenleder, die miteinander vernäht sind, gebildet. Die Durchgangsöffnungen sind zweckmäßig halbkreisförmig, die Klappenventile haben dementsprechende Form. In sandigen Wassern leiden die Lederstulpe sehr bald, es ist deshalb auch jetzt noch die alte Form der Klötzelkolben vielfach in Benutzung. Bei denselben wird eine Art elastischer Stulp durch eine Anzahl von Klötzchen aus Eschen-

holz von angenähert rhombischem Querschnitte gebildet. Jedes Klötzchen ist durch ein Ledercharnier auf dem Kolbenkörper etwas beweglich befestigt und wird durch angenagelte Lederstücken gegen die benachbarten Klötzchen gelidert. Die Durchgangsöffnungen sind wie beim Scheibenkolben beschaffen, eine Lederscheibe dient als Ventil.



Scheibenkolben.
Fig. 172. Kolbenaufgang. Fig. 173. Kolbenniedergang.

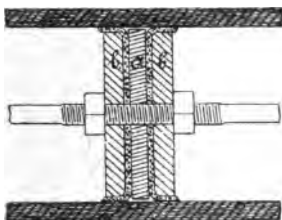


Fig. 176. Doppelstulpkolben.
a Kolbenstock, b Stulpdeckel.

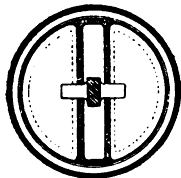
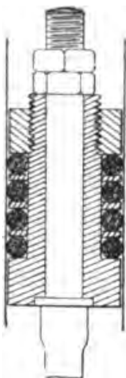


Fig. 174 u. 175.
Einfacher Stulpkolben.

Ein **Doppelstulpkolben**, Fig. 176, besteht aus dem Kolbenstock, den Stulpen und den Stulpdeckeln, welche letztere durch Schraubenmuttern oder dgl. gegen die Stulpe gedrückt werden und dieselben gegen die Cylinderwandung pressen.

Die **Kolben mit Ringliderung** (Fig. 177) sind Vollkolben für Druckpumpen, sie erhalten einen cylindrisch abgedrehten Teil zur Aufnahme der Liderung, welche aus Leder- oder Kautschukringen, aus geflochtenen und gut gefetteten Hanfzöpfen, oder aus federnden Metall-


Fig. 177. Kolben mit Ringliderung.

ringen besteht. Die zuerst genannten Arten der Liderung können durch Anziehen einer Schraubenmutter zusammen und gegen die Cylinderwandung gepreßt werden, so daß eine Erneuerung der Liderung nur selten stattzufinden braucht.

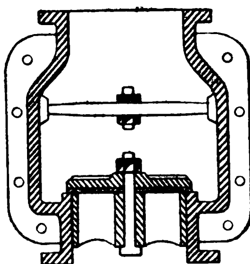
Die Ventile sollen dicht und schnell schließen und sich leicht öffnen, ohne daß Stöße erfolgen, man sagt, die Ventile dürfen nicht schlagen; außerdem müssen sie so eingebaut sein, daß sie gut zugänglich sind. Letztere Bedingung wird bei größeren Pumpen dadurch erreicht, daß die Ventile in besonderen Ventilkästen ihren Platz erhalten, an welchen eine Thür, auch Lid genannt, angebracht ist. Der Durchgangsquerschnitt eines Ventiles soll nicht enger sein, als der lichte Querschnitt des Zuführungsrohres. Jedes Ventil besteht aus dem Ventilkörper oder Ventilsitze, auf welchen sich beim Schließen der bewegliche Teil, das eigentliche Ventil, dicht auflegt, ferner muß eine Hubbegrenzung und bei manchen Ventilen eine Führung vorhanden sein.

Man unterscheidet Klappen-, Teller-, Kegel- und Kugelventile, ferner elastische Ventile und Glocken- oder Doppelsitzventile. Nach der Anzahl der an einem Ventile vorhandenen beweglichen Teile sind ferner zu trennen einfache und zusammengesetzte Ventile.

Die sämtlichen älteren Ventile wurden durch den Wasserdruck geöffnet und auch wieder geschlossen, da jedoch ein Ventil, das zu spät schließt, Wasser fallen läßt und daher die Leistung der Pumpe beeinträchtigt, so hat man zwangläufige oder gesteuerte Ventile eingeführt, die beim Hubwechsel durch die Pumpe selbst geschlossen werden.

Klappenventile sind um Charniere drehbar; in der einfachsten Form wird das überstehende Ende der Lederscheibe auf das hölzerne Saugrohr aufgenagelt und die Lederscheibe durch angenietete oder angeschraubte Eisenbleche verstärkt (vgl. das Saugventil in Fig. 185 S. 251). Die neueren Klappenventile werden mittels besonderen Ventilsitzes in den oberen Teil des Saugrohres eingesetzt (vgl. das Saugventil in Fig. 186 S. 251). Der Ventilsitz besteht aus Gußeisen oder Bronze, der obere Rand ist abgedreht, damit das Ventil glatt aufliegt; der Sitz muß sich leicht herausnehmen lassen, wird entweder eingeschraubt oder eingesetzt und durch einen Ring von Leder oder Gummi, das Ventilfutter, abgedichtet. Doppelklappenventile (vgl. Fig. 174 und 175) werden bei größeren Querschnitten benutzt. Durch die Hubbegrenzung wird das Überschlagen der Klappe verhütet.

Elastische Ventile (vgl. die Ventile am Pulsometer Fig. 170/71) haben insofern Ähnlichkeit mit den Klappenventilen, als die elastischen Teile, gewöhnlich Gummiplatten, nach Art der Klappen arbeiten, sie haben den Vorzug, daß die Ventileröffnung sehr leicht, der Ventilschluß schnell und dicht stattfindet.



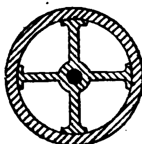
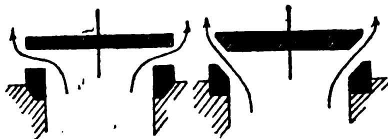


Fig. 178 u. 179.
Tellerventil im Ventilkasten.

Tellerventile bestehen aus der Verbindung einer Metallplatte und einer Lederscheibe, der Ventilsitz ist eine ebene Ringfläche. Die Führung besteht bei dem einfachen Tellerventile (Fig. 178 und 179) aus einem

Kreuze, welches genau in dem Zuführungsrohre anschließt, Führung und Ventil werden durch einen Bolzen zusammengehalten, den man bei den älteren Ventilen Stengel nannte, daher auch der Name Stengelventil. Bei den Tellerventilen wird das durchströmende Wasser von dem geraden Wege sehr stark abgelenkt, die Kegelventile, welche im übrigen den Tellerventilen ganz ähnlich sind, setzen dem Wasser weniger Widerstand entgegen (Fig. 180 und 181). Stellt man bei diesen Ventilen die Flügel



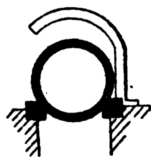


Fig. 180. Weg des Wassers beim Tellerventil.

Fig. 181. Weg des Wassers beim Kegelventil.

Fig. 182. Kugelventil.

des Führungskreuzes nicht senkrecht, sondern etwas geneigt, so erleidet das Ventil beim jedesmaligen Anheben eine kleine Drehung und setzt sich in anderer Lage auf den Sitz auf, so daß dieser selbstthätig glatt gehalten wird, es fällt dann die Dichtungsscheibe fort. Zusammengesetzte Tellerventile (Fig. 183) als Etagenventile sind vielfach in Gebrauch, sie öffnen und schließen sich allmählich und doch verhältnismäßig schnell, so daß Wasserstöße vermieden werden. Die unteren Teller haben Ringform, die Hubbegrenzung wird gebildet durch je 4 eiserne Haken.

Kugelventile (Fig. 182) sind namentlich als zusammengesetzte Ventile in der Art üblich, daß in derselben Sitzfläche eine Anzahl Kugelventile nebeneinander liegen. Die Hubbegrenzung muß so eingerichtet sein, daß die Kugel wieder auf den Sitz fällt, gewöhnlich kommen Hohlkugeln von Bronze zur Verwendung.

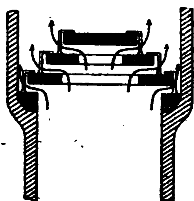


Fig. 183.
Dreifaches Tellerventil.

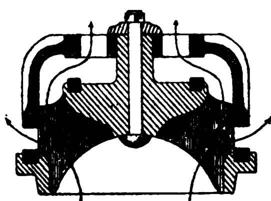


Fig. 184.
Glockenventil.

Glockenventile, Fig. 184, auch Doppelsitzventile genannt, haben Glockenform und setzen sich mit zwei Ringflächen auf den Ventilsitz auf. Bei geöffnetem Ventil kann das Wasser durch zwei Ringflächen hindurchtreten, daher kann der Ventilhub klein sein. Die Sitzflächen werden aus Buchsbaum oder Buchenholz hergestellt, die Holzfasern stehen senkrecht; die Glocken sind gewöhnlich aus Gelbguß und führen sich an den entsprechenden Teilen des Ventilsitzes, ein Schraubenbolzen hält Glocke und Sitz zusammen und dient zu gleicher Zeit als Hubbegrenzung. Diese Ventile sind namentlich zweckmäßig für Pumpen, die durch schnell gehende umlaufende Maschinen betrieben werden.

Wie schon S. 246 erwähnt, erhalten die Ventile jetzt gewöhnlich ihren Platz in besonderen Ventilkästen, diese sind besonders stark zu bauen, da sie etwaige Wasserstöße auszuhalten haben; am häufigsten werden gußeiserne Ventilkästen angewendet, nur bei älteren Anlagen kommen hölzerne aus einem Stück gearbeitete Ventilkästen vor (vgl. Fig. 185 S. 251), die mit starken Eisenbändern gebunden und mit Spund versehen sind. Bei größeren Sätzen wird die Wirkung der Wasserstöße dadurch wesentlich abgeschwächt, daß die Steigrohre, zuweilen auch die Saugrohre mit Windkesseln in Verbindung gesetzt werden, das sind starkwandige cylindrische oder umgekehrt birnförmige Behälter aus Schmiede-

eisen oder Kupfer, welche z. T. mit Luft gefüllt sind. Erfolgt ein Wasserstoß, so wird die Luft zusammengepreßt, sie dient daher gewissermaßen als elastisches Polster. Durch Anbringung einer kleinen Luftpumpe, welche die Wasserpumpe mit in Thätigkeit setzt, ist dafür gesorgt, daß der Luftvorrat, den das Wasser z. T. absorbiert, auch wieder ergänzt wird.

Liderkästen werden namentlich bei Hubpumpen angewendet, sie haben den Zweck, die Liderung des Kolbens zugänglich zu machen, und sind ganz wie die Ventilkästen gebaut. Ihren Platz erhalten sie in der Nähe des höchsten Kolbenstandes, vgl. Fig. 186.

Saug- und Hubpumpen.

Die Saug- und Hubpumpen haben durchbrochene Kolben. Beim Kolbenaufgange schließt sich (Fig. 186) das Kolbenventil und das über demselben befindliche Wasser wird gehoben, bei den niedrigen Sätzen läuft es durch den Ausguß unmittelbar ab, bei den hohen Sätzen muß es erst im Steigrohre in die Höhe steigen, um zum Ausgusse zu gelangen; zu gleicher Zeit öffnet sich das Saugventil und es wird Wasser angesaugt. Beim Kolbenniedergange schließt sich das Saugventil, das Kolbenventil öffnet sich (Fig. 185) und das im Kolbenrohre befindliche Wasser tritt über den Kolben. Bei beiden Arten von Pumpen wird die ganze Arbeit beim Kolbenaufgange verrichtet und zu gleicher Zeit muß die Gestängelast gehoben werden. Wegen dieses letzteren Umstandes verteilt man zweckmäßig die Saug- bzw. Hubsätze gleichmäßig auf zwei Gestänge, die derart mit der Betriebsmaschine in Verbindung stehen, daß ihr Gewicht sich ausgleicht (vgl. d. Fig. 194 S. 263 und 195 S. 264).

Die in der Fig. 185 gezeichnete ältere Saugpumpe besteht aus dem eisernen Kolbenrohre C, an dasselbe schließt oben das Oberstück O mit dem

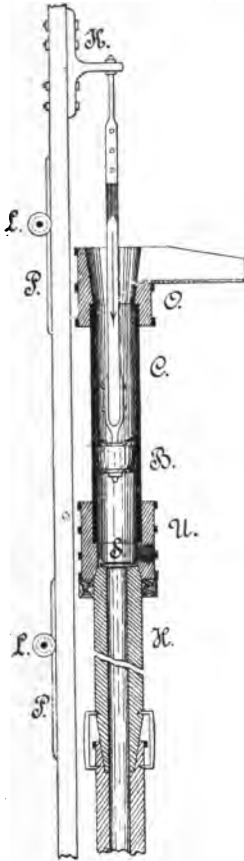


Fig. 185. Saugpumpe.

C Kolbenrohr, B Kolben,
O Oberstück, K Krums,
U Unterstück, P Schleppschienen,
S Saugventil, L Lehrwalzen.
H Saugrohr,



Fig. 186. Hubpumpe.

C Kolbenrohr, R Steigrohr,
U Saugventilkasten, H Saugrohr,
I Liberkasten, S Saugventil.

Ausguß an, unten das als Ventilkasten dienende Unterstück U, beide sind aus je einem Holzstocke gearbeitet. Das Saugventil S, ein Klappenventil, ist auf der oberen Fläche der als Saugrohr dienenden Holzröhre H aufgenagelt. Die Verbindung der einzelnen Röhrenlängen des Saugrohres ist durch Einschnäuzen erfolgt und durch eingeschlagene Klammern die gegenseitige Lage gesichert. Der Kolben B ist ein einfacher Stulpkolben mit Doppelklappenventil. Die Kolbenstange ist am Gestänge, dessen Geradführung durch Schleppschienen P und Lehrwalzen L erreicht wird, mittels Krums K befestigt. Übrigens befindet sich der Kolben im Niedergange.

Die in Fig. 186 dargestellte Hubpumpe ist ganz in Eisen hergestellt. Das Kolbenrohr C endet zum Anschluß an den Saugventil-Kasten U unten und an den Liderkasten J oben in Flanschen. Auf den Liderkasten setzt sich das Steigrohr K auf, während an den Ventilkasten das Saugrohr H angeschlossen ist. Das Saugventil S ist ebenfalls ein Klappenventil, doch von neuerer Einrichtung mit Ventilsitz, beweglichem Charnier und Hubbegrenzung. Der Kolben ist wieder ein Stulpkolben; die Fig. stellt den Kolbenaufgang dar.

Die Höhe, auf welche eine Pumpe das Wasser ansaugen kann, die Saughöhe, ist durch die Größe des Atmosphärendruckes bedingt. An der Meeresoberfläche hält der Atmosphärendruck einer Wassersäule von 10·3 *m* das Gleichgewicht, mit zunehmender Meereshöhe jedoch nimmt der Atmosphärendruck ab und damit zugleich vermindert sich die zulässige Saughöhe einer Pumpe, die übrigens vom Unterwasserspiegel bis zum höchsten Kolbenstande zu messen ist. Praktisch giebt man den Saugpumpen nicht mehr als 9 *m*, den Hubpumpen 4 bis 6 *m* Saughöhe. Die Höhe, auf welche eine Hubpumpe das Wasser über den höchsten Kolbenstand heben kann, die Hubhöhe, wird praktisch begrenzt durch die Schwierigkeit,

die Liderung des Kolbens dicht zu halten, sie beträgt selten über 40 *m*.

Die Druckpumpen.

Die Druckpumpen werden entweder einfachwirkend und dann mit Plungerkolben gebaut, oder doppeltwirkend und zwar entweder mit anschließendem Kolben oder mit Doppelplunger.

Die einfachwirkenden Plungerpumpen saugen das Wasser gewöhnlich beim Kolbenaufgang an und drücken es beim Kolbenniedergang in die Höhe, es findet also eine andere Verteilung der Arbeit statt als bei den Saugpumpen; beim Kolbenaufgange ist nur das Gestängegewicht zu heben, während dieses selbst beim Niedergange drückend auf das Wasser wirkt. Die Ventile liegen am zweckmäßigsten neben dem oberen Teile des Pumpencylinders (Fig. 187), der letztere ist mit dem Saugventilkasten durch ein kurzes Hals- oder Gurgelrohr g verbunden, es werden am häufigsten Doppelklappen- oder Glockenventile angewendet. Bei dieser Stellung der Ventile sammelt sich die mit dem Wasser angesaugte Luft nicht im oberen Teile des Pumpencylinders an.

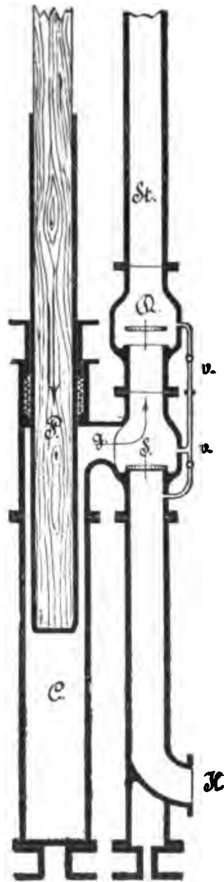


Fig. 178. Plungerdruckpumpe.
C Kolbenrohr, P Plungerkolben, S Saugventil, D Druckventil, H Saugrohr, St Steigrohr, g Halsrohr, v Verbindungsrohre.

Mündet das Halsrohr unten in den Pumpencylinder, so kann im oberen Teile Luft zurückbleiben, die schädlich wirkt, indem der Plunger beim Niedergange in der Luft zunächst keinen Widerstand findet und daher mit einem Schlage auf die Wasserfläche auftrifft. Durch Einfügung eines sehr dünnen Verbindungsröhrchens zwischen dem obersten Teile des Pumpencylinders und dem Steigrohre kann bei jedem Spiele ein Entweichen der etwa angesammelten Luft ermöglicht werden.

Um die Pumpe beim Anlassen füllen und bei Reparaturen bequem in allen Teilen entleeren zu können, sind zwischen dem Druck- und Saugventilkasten einerseits und dem Saugventilkasten und dem Saugrohre andererseits schwache Verbindungsrohre v vorhanden, die beim Betriebe durch Hähne verschlossen gehalten werden. Soll die Pumpe entleert werden, so sind beide Hähne zu öffnen und das Wasser fließt durch das Saugrohr ab.

Der Plungerkolben ist durch Stopfbüchse abgedichtet, zwischen Plunger und Kolbenrohr genügen einige *cm* Spielraum; einfach wirkende Plungerdruckpumpen werden in Verbindung mit Gestängemaschinen (vgl. S. 262) angewendet.

Die doppelt wirkenden Druckpumpen.

Die Arbeitsleistung verteilt sich bei den doppelt wirkenden Druckpumpen gleichmäßig auf den Hin- und Her-, bezw. Auf- und Niedergang des Kolbens, das Wasser wird stets zu gleicher Zeit auf der einen Kolbenseite angesaugt und auf der andern in die Höhe gedrückt, dem entsprechend stehen mit jeder Kolbenseite ein Saug- und ein Druckventil in Verbindung. Die doppeltwirkenden Pumpen gießen daher beständig Wasser aus und können bei gleicher Arbeitsleistung geringere Abmessungen erhalten als die einfach wirkenden; der Betrieb erfolgt gewöhnlich durch doppelt wirkende Maschinen, die mit den Pumpen unmittelbar verbunden sind. Fig. 188

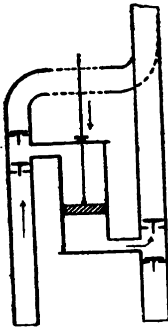


Fig. 188.
Anordnung einer doppelt wirkenden Druckpumpe mit anschließendem Kolben.

zeigt eine doppeltwirkende Druckpumpe mit anschließendem Kolben und stehendem Cylinder; es ist der Kolbenniedergang gezeichnet, die Pumpe ist dreiachsig.

Fig. 189 giebt die Anordnung einer Doppelplungerpumpe mit Dampf- oder Preßluftcylinder und Schwungrad. Fig. 190 zeigt die besondere Einrichtung des Doppelplungers, Fig. 191 einen Schnitt durch ein Paar Ventile. Legt man bei diesen Pumpen das Schwungrad neben den Pumpen- und Dampfcylinder, so wird die Anordnung dadurch

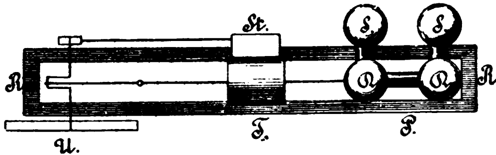


Fig. 189. Allgemeine Anordnung einer Doppelplungerpumpe.
P Pumpe, S Saugventile, D Druckventile, T Dampfcylinder,
St Steuerung, U Schwungrad, R Grundrahmen.

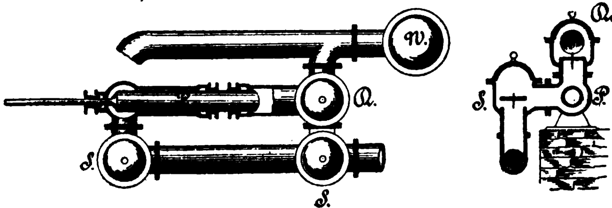


Fig. 190 Grundriß, Fig. 191 Schnitt einer Doppelplungerpumpe.
P Doppelplunger, S Saugventile, D Druckventile, W Windkessel.

gedrängter, die drei Teile sind auf gemeinschaftlichem Grundrahmen verlagert. Bei Anwendung eines Schwungrades kann die Betriebsmaschine mit Expansion arbeiten; fällt das Schwungrad fort, wie bei den Tangye-Pumpen und ähnlichen Constructionen, so muß mit Volldruck gearbeitet werden, der Betrieb wird teurer, aber die Maschine kleiner und einfacher.

Die Druckhöhe der Druckpumpen kann bis zweihundert und dreihundert Meter betragen, doch vermeidet man besser zu große Druckhöhen. Hohe Steigrohrleitungen werden mit Windkesseln versehen; auch werden dann zusammengesetzte Ventile mit großen Durchflußöffnungen aber geringem Hube gewählt. Die Plungerdurchmesser können bei großen Pumpen bis zu 80 *cm* betragen.

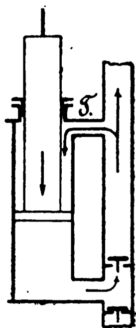


Fig. 192.
Anordnung der Differentialpumpe. T Halsrohr.

Eine eigenartige doppeltwirkende Pumpe ist die Differentialpumpe, Fig. 192, der Kolben ist aus einem Plungerkolben und einem anschließenden Scheibenkolben zusammengesetzt. Beim Kolbenniedergange drückt der Scheibenkolben das ganze beim vorhergehenden Aufgange angesaugte Wasser durch das Druckventil in das Steigrohr, jedoch gelangt ein Teil desselben durch das Halsrohr T in den Hohlraum, welcher den Plunger umgiebt, und nur das übrige Wasser steigt im Steigrohre in die Höhe; beim Kolbenaufgange saugt der Scheibenkolben unten Wasser an und das den Plunger in dem ringförmigen oberen Cylinderraume umgebende Wasser wird durch das Steigrohr in die Höhe gedrückt. Macht man den Querschnitt des Plungers halb so groß als den Querschnitt des Scheibenkolbens, so hebt die Pumpe gleich viel Wasser beim Niedergange wie beim Aufgange.

Die Perspectivpumpen, Fig. 193, sind ebenfalls doppeltwirkende Pumpen, die den Vorzug haben,

daß das Wasser auf fast geradem Wege durch die Pumpe hindurchgeht und daher wenig Reibungs-Widerstände zu überwinden hat, sie bestehen aus drei Hauptteilen, dem feststehenden Steigrohre St und dem gleichfalls feststehenden Saugrohre S mit dem Saugventile, ferner aus dem beweglichen Kolben C. Der letztere ist ein mit Ventil versehener Röhrenkolben und bewegt sich in dem oberen Teile des Saugrohres, welches zu gleicher Zeit als Kolbenrohr dient, er wird in einer damit verbundenen Stopfbüchse geführt. Das Kolbenventil ist durch einen Ventilkasten leicht zugänglich gemacht. Über diesem ist der Kolben rohrartig verlängert und führt sich mit einer zweiten Stopfbüchse an dem Steigrohre. Die Bewegung des Kolbens erfolgt mittels Scherengestänge T; die ganze Anordnung ist einachsig.

Beim Kolbenaufgange, wie in der Fig. 193, zieht sich der Röhrenkolben bei geschlossenem Kolbenventile aus dem Saugrohre heraus, und es wird durch das Saugventil soviel Wasser V angesaugt, als das Volumen des Röhrenkolbens beträgt, der hierbei gerade so wie ein Plungerkolben wirkt. Zu gleicher Zeit schiebt sich der obere Teil des Kolbens über das Steigrohr, und es wird so viel Wasser v durch dasselbe hinausgedrückt, als das Steigrohrvolumen beträgt, welches in den Kolben eintaucht, denn um dieses Volumen wird beim Kolbenaufgange der Raum über dem Kolbenventile verkleinert. Beim Kolben-

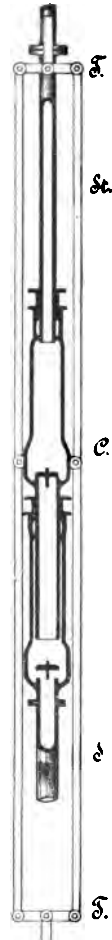


Fig. 193.
Perspectivpumpe.
C Kolben,
S Saugrohr,
St Steigrohr,
T Scherengestänge.

niedergange strömt bei geöffnetem Kolben- und geschlossenem Saugventile das beim Aufgange angesaugte Wasser-Vol. V durch den Kolben, doch steigt nicht diese ganze Wassermenge durch das Steigrohr in die Höhe, sondern soviel weniger als das Steigrohr-Vol. beträgt, welches sich beim Kolbenniedergange aus dem Kolben herauszieht. Es wird also beim Kolbenniedergange das Wasser-Vol. V—v ausgegossen.

Soll beim Auf- und Niedergange die gleiche Wassermenge gehoben werden, so muß der Kolbenquerschnitt doppelt so groß sein als der Steigrohrquerschnitt.

Anordnung der Pumpen.

Zur Wasserhaltung reicht in den meisten Fällen eine Pumpe (ein Satz, ein Pumpensatz) nicht aus; wenn die Wasser auf größere Höhe gehoben werden müssen, sind daher mehrere Pumpen übereinander anzuordnen und es hebt oder drückt stets die nächst tiefere der höheren zu.

Die Anzahl der Pumpen ist durch die zulässige Höhe jedes einzelnen Satzes (Satzhöhe) und durch die ganze Wasserhebungshöhe bedingt, doch ordnet man die Sätze im Schachte gern so an, daß die auf den einzelnen Sohlen zusitzenden Wasser gehoben werden, ohne weiter verfällt zu werden. Falls auf oberen Sohlen dem Schachte bedeutende Wassermengen zufließen, muß der Querschnitt der oberen Sätze zunehmen, auch werden die in den Schächten aufgefangenen Tagewasser oft durch besondere Pumpen gehoben.

Der tiefste Satz, der aus dem Sumpfe hebt, wird Sumpfsatz genannt, er ist gewöhnlich ein Saugsatz und gießt, wie jeder Satz, in einen Wasserkasten oder in ein Sumpförtchen aus, aus welchem der nächste Satz das Wasser hebt. Die Wasserkästen und Sumpförtchen versieht man an den Ausgußgerinnen mit Rechen, um etwa vom Wasser mitgeführte Späne zurückzuhalten, und außerdem mit Scheidewänden, die nicht

ganz bis zum Wasserspiegel hinaufreichen, um den Absatz von Sand und Schlamm zu erleichtern. Die Schachtsümpfe und Sumpfstrecken, welche letztere unter den tiefsten Sohlstrecken angelegt werden, sind möglichst geräumig zu bemessen, damit die Wasser sich abklären können und bei Reparaturen an den Pumpen oder erhöhtem Wasserzugange Raum zur Wasseransammlung vorhanden ist, auch ein Ersaufen der tiefsten Sohlen vermieden wird. Für den Fall einer anhaltenden Verstärkung der Wasserzugänge ist bei der Anlage der Wasserhebungsmaschinen ausreichende Reserve vorzusehen.

Bei größeren unterirdischen Wasserhaltungsmaschinen werden oft besondere Pumpen, sogen. Zubringepumpen, aufgestellt, um das Wasser aus dem Schachtsumpfe in die Sumpförtchen zu heben, aus denen die großen Pumpen das Wasser ansaugen.

Bei Anwendung von Gestängemaschinen finden die einzelnen Pumpensätze im Schachte selbst ihren Platz und werden je nach ihrem Gewichte auf starke, unter Umständen verstrebte hölzerne Einstriche, oder auf eiserne, gut eingebühnte Träger, z. T. auf Mauerbögen gestellt. Die Sätze sollen möglichst wenig Platz einnehmen und ihre Teile gut zugänglich sein; in rechteckigen Schächten setzt man sie an einen oder bei Anwendung zweier Gestänge an die beiden kurzen Stöße, bei runden Schächten in die Kreisabschnitte. Die sogenannten unterirdischen Maschinen (vgl. den nächsten Abschnitt) werden in der Nähe des Schachtes in besonderen Maschinenräumen untergebracht.

Der Betrieb der Pumpen.

Nur kleine Pumpen (Handpumpen) werden durch Menschenkraft betrieben und im allgemeinen nur dann, wenn ein Satz für die Wasserhebung genügt, z. B. beim Abteufen von Gesenken; in allen anderen Fällen sind Betriebsmaschinen erforderlich. Die Wasserhaltungsmaschine führt z. T. auch heute noch im Bergbau den Namen das Kunstgezeug, die Kunst.

Bei den einfachsten Handpumpen ist an der hölzernen Kolbenstange ein Querstück befestigt, welches der Arbeiter mit beiden Händen faßt, um abwechselnd zu ziehen und zu drücken, sie heißen Krückelpumpen, oder es greift an der Kolbenstange der kürzere Lastarm eines zweiarmigen Hebels an, der in einer am Kolbenrohre befestigten eisernen Gabel seinen Drehpunkt findet. Am Kraftarme können mehrere Arbeiter zu gleicher Zeit angreifen, der Kraftweg beträgt etwa 1 *m*, das Verhältnis des Lastarmes zum Kraftarme ist etwa 1 : 4. Derartige Pumpen werden wohl Drückelpumpen genannt. In neuerer Zeit hat man recht bequeme kleine Handpumpen mit Doppelplunger in Eisen gebaut. Der Arbeiter greift an einem schwingenden Handhebel an, der auf einer Welle befestigt ist; die Bewegung dieser letzteren wird mittels eines Daumens auf den Doppelplunger übertragen.

Die für die Wasserhaltung angewendeten Betriebsmaschinen können nach den örtlichen Verhältnissen sehr verschieden sein; die Betriebskraft kann sein: Dampf, Wasser, gepreßtes Wasser, gepreßte Luft, Elektricität.

Nach der Art der Aufstellung der Betriebsmaschine ist zu unterscheiden: Aufstellung über Tage (bei Dampfmaschinen) und unter Tage. Die durch Wasserkraft betriebenen Gestängemaschinen, (Wasserräder, Turbinen und Wassersäulenmaschinen) stellt man über dem tiefsten Stolln auf. Direct wirkende Betriebsmaschinen nebst Pumpe finden ihren Platz auf der wasserzuführenden Sohle am Schachte, man nennt sie unterirdische Maschinen im engeren Sinne; sie können betrieben werden durch Dampf, gepreßte Luft, gepreßtes Wasser und Elektricität. Eine besondere Stellung nimmt der verhältnismäßig selten angewendete Betrieb mittels hydraulischen Gestänges ein.

Die über Tage und über Stolln aufgestellten Kraftmaschinen bewegen die Pumpen mittels der Schachtgestänge. Bei den unterirdischen Betriebsmaschinen fällt das Schachtgestänge fort, es ist jedoch eine Leitung

nötig, um der Maschine die Betriebskraft zuzuführen, und zwar Dampfleitung nebst Umhüllung, Leitung für gepreßte Luft, oder gepreßtes Wasser, oder isolierte elektrische Leitung. Bei der Anwendung von Preßluft, gepreßtem Wasser, oder Elektricität als Betriebskraft ist außer der unterirdischen Betriebsmaschine (Kraftmaschine) und der Pumpe (Arbeitsmaschine) noch eine Zwischenmaschine, nämlich in den beiden zuerst genannten Fällen die Presse, im letzten Falle der Elektricitätserzeuger (Primär-Dynamomaschine) nebst einer hierzu gehörigen besonderen Betriebsmaschine erforderlich.

Bei allen Anlagen für Wasserhaltung ist auf eine ausreichende Reservekraft für den Fall etwa verstärkter Wasserzugänge Bedacht zu nehmen. Die Betriebsmaschinen wählt man daher so, daß für die regelmäßige Leistung eine mittlere Spielzahl ausreicht, die bei etwaigem Bedarfe noch erhöht werden kann. An den Gestängemaschinen sieht man außerdem wohl Wechselsätze vor, die angeschlossen werden, falls sich an einem Satze Ausbesserungen nötig machen. Plungerpumpen können so eingerichtet werden, daß sich Plunger von verschiedenen Durchmessern nebst entsprechenden Stopfbüchsen einwechseln lassen; wird die Betriebsmaschine durch Dampf oder gepreßte Luft betrieben, so läßt man sie für gewöhnlich mit Expansion arbeiten, während in außergewöhnlichen Fällen mit Volldruck gearbeitet werden kann. Bei unterirdischen Maschinen stellt man wohl statt einer Maschine zwei auf, von denen eine lediglich zur Aushilfe dient. Es ist dann zweckentsprechend, die Maschinen abwechselnd, jede etwa 2 Wochen arbeiten zu lassen, damit stete Betriebsfähigkeit gewährleistet wird. Als fernere Reserve dient das Wassertreiben mit den Fördermaschinen.

Die Gestängemaschinen.

Die Gestängemaschinen sind die ältesten größeren Wasserhaltungsmaschinen für den Bergbau und werden in allen denjenigen Fällen zweckmäßig angewendet, in denen Wasserzugänge auf vielen Sohlen zu erwarten sind, auch dann, wenn bei sehr stark wechselnden Wasserzugängen ein Ersaufen der tiefsten Sohlen zu befürchten ist. Die erste Rücksichtnahme macht die Gestängemaschinen beim Gangbergbau unentbehrlich, die zweite bei manchem Braunkohlenbergbau.

Bei der Wahl der Pumpen für Gestängemaschinen ist namentlich zu berücksichtigen, daß Saugpumpen zwar in der Anlage billiger sind als Druckpumpen, daß sie jedoch wegen der größeren Anzahl der Sätze zu häufigen Reparaturen Veranlassung geben und viel Wartung brauchen. Ferner beanspruchen Saugsätze viel Raum zur Aufstellung und leisten weniger als Drucksätze, die Hubsätze stehen etwa in der Mitte zwischen beiden, vgl. S. 270. Ist nur ein Gestänge vorhanden, so wählt man stets Drucksätze; bei zwei Gestängen gleicht sich die Gestängelast aus, und es werden dann auch Saug- und Hubsätze verwendet.

Dient ein Wasserrad als Betriebsmaschine, so bedarf es keiner Übersetzung durch Vorgelege, da die Umdrehungszahl des Rades der mittleren Spielzahl der Pumpen entspricht. Die beiden Gestänge werden entweder unmittelbar durch die Krummzapfen der Wasserradwelle in entgegengesetztem Sinne bewegt, (in diesem Falle ist die Radstube über dem Schachte herzurichten), oder die Krummzapfen greifen an Zugstangen an und bewegen zwei Winkelhebel (Kunstkreuze), an denen die obersten Stangen befestigt sind. Diese letztere Anordnung ist für alle diejenigen Schächte, die nicht ausschließlich Kunstschächte sind, sondern auch der Förderung dienen, zu wählen, das Rad hängt in einer neben dem Schachte ausgeschossenen Radstube (Fig. 194).

Fig. 194.
Betrieb zweier Gestänge durch ein Wasserrad mittels Kunstkreuze.

Beim Antriebe der Gestänge durch **Turbinen** sind wegen der bedeutenden Umdrehungszahl Vorgelege anzuwenden, im übrigen ist die Anordnung wie bei den Wasserrädern.

Einfach wirkende **Wassersäulenmaschinen** mit stehendem Cylinder sind als Betriebsmaschinen für ein Gestänge sehr geeignet. Die Wassersäulenmaschine hebt das Gestänge in die Höhe und dieses sinkt dann durch sein Eigengewicht wieder nieder. Entweder schließt das Gestänge an die nach unten geführte Kolbenstange der Wassersäulenmaschine unmittelbar an, oder die Kolbenstange geht von dem Kolben nach aufwärts und das Gestänge schließt mittels Schere an dieselbe an. Sind zwei Schachtgestänge mit abwechselnder Bewegung in Betrieb zu setzen, wie z. B. bei zweitrümigen Fahrkünsten und beim Betriebe von Saug- oder Hubpumpen, so wird die hin- und hergehende Bewegung einer doppeltwirkenden Wassersäulenmaschine durch Zwischengeschirr in umlaufende Bewegung umgesetzt, ein schweres Schwungrad eingeschaltet und von dessen Welle aus die Gestängebewegung vermittelt.

Sollen **Dampfmaschinen** zum ausschließlichen Betriebe einer Gestängemaschine dienen, so ist bei neueren

Anlagen ein Gestänge mit Drucksätzen vorhanden; das Gestänge, welches nur auf Zug berechnet ist, wird durch die Dampfkraft gehoben, sinkt dann durch sein Eigengewicht nieder und drückt das Wasser in die Höhe, die Dampfmaschinen sind daher meistens einfachwirkend. Entweder steht der Dampfcylinder über dem Schachte und das Gestänge bildet die unmittelbare Fortsetzung der Kolbenstange, oder der Dampfcylinder steht neben dem Schachte, die Kolbenstange greift an dem einen Ende eines Balanciers an und das Gestänge am anderen Ende (Cornwall-Maschine). Um bei diesen Dampfmaschinen die Zahl der Hübe in weiten Grenzen ändern zu können, wird Kataraktsteuerung zu Hilfe genommen.

Bei kleineren Anlagen dient wohl die Förderdampfmaschine zu gleicher Zeit zur Wasserhebung. Mittels Kuppelungen läßt sich die Seilkorbwelle ausschalten und an die Schwungradwelle die Schubstange anschließen, welche die Kunstkreuze bewegt. Letztere erhalten die aus Fig. 195 ersichtliche Anordnung. Zu vorübergehenden Zwecken, z. B. beim Teufen von Schurfschächten, können in derselben Weise auch Locomobilen Verwendung finden.

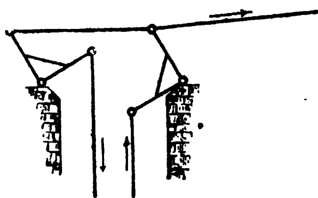


Fig. 195.
Bewegung zweier Kunstkreuze durch eine Schubstange.

Die unterirdischen Betriebsmaschinen.

Die unterirdischen Wasserhaltungsmaschinen sind in der Anschaffung billiger als Gestängemaschinen; sie erfordern zwar zur Aufstellung eigene Maschinen-Räume, im Schachte selbst jedoch wird nur der Raum für Rohrlei-

tungen u. dergl. benötigt. Da die unterirdischen Maschinen der Gefahr des Ersaufens ausgesetzt sind, so sucht man sich hiergegen durch geräumige Sümpfe und durch Herstellung von Schutzdämmen zu schützen. Letztere stellen die Maschinenräume gegen das plötzliche Eindringen der Wasser sicher. Manche Maschinen, namentlich solche, die wenig freiliegende bewegliche Teile haben, können auch unter Wasser eine Zeit lang fortarbeiten. Während Gestänge nur in geraden Räumen fortgeführt werden können (vgl. S. 266), kann man Rohrleitungen und elektrische Leitungen leicht auch in vielfach gekrümmten Bauen verlegen. Hierin besteht ein großer Vorzug der unterirdischen Maschinen gegenüber den Gestängemaschinen.

Diejenigen Betriebsmaschinen, welche durch Dampf oder gepreßte Luft betrieben werden, sind durchaus gleich gebaut, ja es kann dieselbe Maschine für Dampf oder für Preßluft benutzt werden. Die Betriebsmaschinen für den Betrieb mit gepreßtem Wasser sind nach Art von Wassersäulenmaschinen gebaut. Man hat Wasserdruck von mehr als 100 Atmosphären angewendet. Bei allen diesen Maschinen ist die Kolbenstange der Betriebsmaschine unmittelbar mit dem Doppelplunger der Pumpen verbunden.

Dampfleitungen erwärmen fast immer etwas die Grubenluft, selbst wenn sie gut umhüllt sind; auch in den unterirdischen Dampfmaschinenräumen entwickelt sich viel Wärme. Man legt daher Dampfleitungen am besten in die Schächte, in denen die Wetter ausziehen; die unterirdischen Dampfmaschinenräume sind gut zu ventilieren. Die Condensationseinrichtungen für unterirdische Dampfpumpen sind gewöhnlich so eingerichtet, daß der verbrauchte Dampf im Saugrohre condensiert wird.

Beim elektrischen Betriebe wird die mechanische Arbeit einer Betriebsmaschine durch eine Dynamomaschine (die Primärmaschine, den Stromerzeuger)

in elektrischen Strom umgewandelt, welcher mittels der isolierten Leitung zu einer zweiten Dynamomaschine (der Secundärmaschine, dem Stromempfänger) geleitet wird. Diese ist in unmittelbarer Nähe der Pumpe aufgestellt, überträgt mittels Riemenvorgelege ihre Bewegung auf dieselbe und setzt so den elektrischen Strom wieder in mechanische Arbeit um. Die Dynamomaschinen haben sehr große Umdrehungszahlen (mehrere Hundert bis Tausend und mehr i. d. Min.), es sind daher sehr starke Übersetzungsverhältnisse anzuwenden.

Die nur in Ausnahmefällen zur Kraftübertragung anzuwendenden hydraulischen Gestänge sind Wassersäulen, welche in Rohrleitungen eingeschlossen sind. Wirkt auf eine derartige Wassersäule an dem einen Ende der Rohrleitung ein Kolben drückend, so muß die ganze Wassersäule, da sich das Wasser nicht zusammenpressen läßt, der Bewegung des Kolbens folgen; sie wirkt daher auf einen zweiten am anderen Ende der Rohrleitung angebrachten Kolben wieder drückend. Durch zwei derartig eingeschlossene Wassersäulen, die von der hin- und hergehenden Bewegung die Bezeichnung Gestänge erhalten haben, kann eine unterirdisch eingebaute Pumpe von einer über Tage stehenden Betriebsmaschine aus in Bewegung gesetzt werden, doch sind die Rohrleitungen schwer dicht zu erhalten und der Kraftverlust ist ein sehr bedeutender.

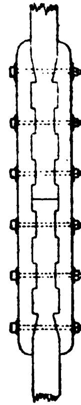
Die Schachtgestänge.

Die Schachtgestänge, welche für Wasserhaltungsmaschinen oder für Fahrkünste dienen, können aus Holz oder aus Walzeisen gefertigt werden, massiv schmiedeeiserne Gestänge sind selten.

Hölzerne Gestänge sind der Fäulnis unterworfen, aber in der Anlage billiger als eiserne, fallen jedoch wegen der stärkeren Abmessungen und weil sie viel Wasser ansaugen, fast eben so schwer aus. Die einzelnen Stangen stoßen an den Wechseln stumpf an-

einander und sind durch hölzerne Laschen und Schraubenbolzen miteinander verbunden, die Verbindung nennt man Gestängeschloß (Fig. 196).

Gestänge aus Walzeisen werden aus mehreren Schienen zusammengenietet, der Querschnitt kann Kreuz-, Kasten- oder Doppel-T-Form haben (Fig. 197—199), die Laschen sind ebenfalls aus Walzeisen. Bei stärkeren Gestängen, an denen die Anzahl der Schienen eine größere ist, können dieselben der Länge nach so gegen einander versetzt sein, daß sich Laschen unnötig machen. Massiv schmiedeeiserne Stangen werden durch Muffe oder Flanschen miteinander verbunden. Mit Rücksicht auf das Rosten sind eiserne Gestänge stark zu bemessen; der Gestängequerschnitt kann mit der Schachttiefe in demselben Verhältnisse abnehmen, wie die Last.


Fig. 196. Gestängeschloß für hölzerne Stangen.

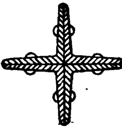
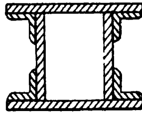
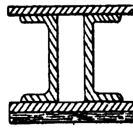




Fig. 197. Fig. 198. Fig. 199.
Querschnitte eiserner Gestänge, a Schleppschiene.

Wird bei einer Wasserhaltung mit Drucksätzen das Gestänge mit Rücksicht auf seine Haltbarkeit schwerer als erforderlich, um das Wasser hinauszudrücken, so sind zur Ausgleichung des Übergewichtes Gegengewichte anzubringen. Auch bei Maschinen mit zwei Gestängen, deren Gewicht sich ausgleicht, ist der Einbau von Gegengewichten für den Fall eines Gestängebruches zweckmäßig. Tritt nämlich ein solcher ein und

sind keine Gegengewichte vorhanden, so stürzt nicht nur der untere Teil des gebrochenen Gestänges durch sein Eigengewicht in die Tiefe, sondern auch das andere Gestänge bekommt soviel Übergewicht, daß es niederfäll, und den oberen Teil des gebrochenen Gestänges in die Höhe reißt; die Pumpensätze laufen hierbei Gefahr, Beschädigungen zu erleiden. Man bringt daher auch nicht ein Gegengewicht für ein ganzes Gestänge an, sondern verteilt mehrere leichtere Gegengewichte auf die ganze Schachtteufe. *)

Es werden zwei Arten von Gegengewichten angewendet, mechanische und hydraulische. Die ersteren (Fig. 200) sind zweiarmige Hebel, der eine kürzere Arm ist mittels einer Kette an das Gestänge angeschlossen, der längere Arm ist entsprechend belastet. Beim Niedergange hebt das Gestängegewicht die Belastung in die Höhe und diese wiederum sinkt während des Gestängeaufganges nieder, unterstützt also die Betriebsmaschine beim Heben der Gestängelast. Die hydraulischen Gegengewichte, auch Wassersäulengegengewichte genannt, bestehen aus einem Plungerkolben, der an das Schachtgestänge angeschlossen ist, und, durch Stopfbüchse abgedichtet, in den einen Schenkel eines U-förmigen Rohres hineinreicht. Der andere Schenkel hat eine entsprechende Höhe, und das ganze Rohr ist mit Wasser gefüllt. Beim Gestängeniedergange drückt der Plunger die Wassersäule in die Höhe, während umgekehrt beim Gestängeaufgange die Wassersäule den Plunger und da-



Fig. 200. Mechanisches Gegengewicht.

*) Über die Kettenrollen bei zweitrümigen Fahrkünsten vgl. S. 221.

mit das Schachtgestänge mit anhebt. Hat man Gründe, einen hohen Rohrstrang für das Wassersäulengegengewicht zu vermeiden, so kann in dem zweiten Schenkel der U-förmigen Röhre ein zweiter Plunger angeordnet werden, der an seinem oberen Teile entsprechend belastet wird; das zwischen den beiden Plungern eingeschlossene Wasser dient in diesem Falle lediglich zur Kraftübertragung, d. h. als hydraulisches Gestänge. Derartige Gegengewichte führen die Bezeichnung Accumulatoren.

An den Gestängen werden ferner noch in regelmäßigen Abständen backenartige Ansätze, sogenannte Fangbaumen, angebracht, mit denen bei etwaigen Ausbesserungen, wie Auswechseln von Kunststangen u. dergl., die Gestänge auf im Schachte eingebauten Fanglagern aufsetzen (Fig. 201). Beim tiefsten Stande des Gestänges berühren die Fangbaumen eben die Fanglager. Bei einem Gestängebruche findet ebenfalls ein Aufsetzen des frei gewordenen Gestängeteiles auf die Fanglager statt.

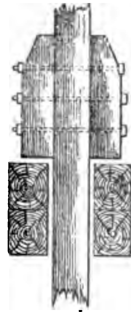
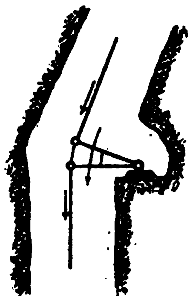


Fig. 201. Gestänge mit Fangbaumen und Fanglagern.

Die Verbindung der Kolbenstange des Pumpensatzes mit dem Schachtgestänge erfolgt unmittelbar, d. h. die Kolbenstange bildet die Fortsetzung des Schachtgestänges, wenn die Achse des Pumpensatzes und die Gestängeachse in eine gerade Linie zusammenfallen; sind jedoch in diesem Falle mehrere Sätze vorhanden, so muß das Gestänge um die oberen mittels Schere herumgeführt werden, und unter jedem Satze in der früheren Richtung zu dem nächsttieferen weiter gehen (vgl. Fig. 193 S. 257). Die Schere besteht aus einem oberen und einem unteren Querstücke, die durch zwei Hilfsstangen verbunden sind; an dem oberen Querstücke greift in der Mitte der obere Teil des Hauptgestänges an, vom unteren Querstücke aus

setzt das Hauptgestänge weiter fort. Bei den Plungerpumpen bildet, wie schon erwähnt, die Kolbenstange die geradlinige Fortsetzung des oberen Teiles des Hauptgestänges, bei der Perspectivpumpe ist der Kolben mit den Hilfsstangen verbunden. Die Achsen der Saugsätze liegen gewöhnlich seitlich von der Gestängeachse, da bei der großen Anzahl der Sätze der Einbau von Scheren zu umständlich sein würde; die Kolbenstangen sind in diesem Falle mittels eines Armes (sogenannter Krums) an das Hauptgestänge angeschlossen (vgl. Fig. 185 S. 251).

Um ein Schlottern der Schachtgestänge zu verhüten, werden dieselben an eingebauten Walzen geführt, einer Abnutzung des Gestänges selbst wird durch hölzerne Schleppschienen, gewöhnlich aus Buchenholz, vorgebeugt (vgl. Fig. 185). In flachen Schächten haben die Führungswalzen einen Teil des Gestängegewichtes zu tragen.


Fig 202. Bruchschwinge.

In gebrochenen Schächten sind an den Bruchstellen zur Weiterführung der Schachtgestänge Bruchschwingen einzubauen, d. h. Winkelhebel, an deren Armen, ähnlich wie bei den Kunstkreuzen, die Teile des Schachtgestänges um Bolzen drehbar befestigt sind (Fig. 202).

Leistung und Kraftbedarf der Pumpen.

Ein Pumpensatz hebt theoretisch bei jedem Spiele ein Wasservolumen, welches man durch Multiplication des Kolbenquerschnittes mit dem Kolbenwege erhält, also $r^2 \pi h$, wenn r der Kolbenhalbmesser und h der Kolbenweg ist. In Wirklichkeit wird jedoch ein geringeres Wasservolumen gehoben, und man nennt

das Verhältnis der theoretischen zur wirklich bei einem Spiele gehobenen Wassermenge den Füllungsgrad einer Pumpe, derselbe hängt namentlich von der Liderung des Kolbens, dem guten Gange der Ventile und der etwa mit dem Wasser angesaugten Luftmenge ab. Der Füllungsgrad beträgt für Plungerpumpen etwa 0·95, für Saugpumpen etwa 0·75.

Ferner ergiebt sich der Kraftbedarf eines Pumpensatzes für ein Spiel theoretisch in *kgm* als Product aus dem Gewichte der zu hebenden Wassermenge G und der Satzhöhe H, also $= G \times H$. In Wirklichkeit muß jedoch, um diese Arbeit zu leisten, mehr Kraft aufgewendet werden, weil zur Überwindung der Reibung und zur Bewegung der Massen (Gestängelast) ebenfalls Kraft erfordert wird. Das Verhältnis der von der Pumpe geleisteten nutzbringenden Arbeit zu der von einer Betriebsmaschine auf die Pumpe übertragenen Kraft nennt man den Wirkungsgrad der Pumpe, er beträgt 0·8 bei Plungerpumpen und 0·6 bei Saugpumpen. Auch mit Bezug auf Füllungsgrad und Wirkungsgrad ist daher den Plungerpumpen vor den Saugpumpen der Vorzug zu geben.

Beispiel. Mittels eines Plunger-Drucksatzes sind i. d. Min. 1·5 *cbm* Wasser auf 30 *m* Höhe zu drücken, die Betriebswassersäulenmaschine soll bei dieser Leistung und regelmäßigem Betriebe i. d. Min. 5 Spiele mit 3 *m* Hubhöhe machen.

1. Wie ist der Plunger zu bemessen?

Bei jedem Spiele sind zu heben $\frac{1·5}{5} = 0·300$ *cbm* oder 300 *l* Wasser. Da der Füllungsgrad einer Plungerdruckpumpe 0·95 ist, so ist das wirksame Plungervolumen zu bemessen mit $\frac{0·300}{0·95} = 0·316$ *cbm*. Da nun der Hub 3·0 *m* beträgt, so ergiebt sich nach der Formel

für den Rauminhalt eines Cylinders ($r^2 \pi h$), dessen Grundfläche den Halbmesser r hat und dessen Höhe h ist:

$$r^2 \pi h = 0{\cdot}316 \; cbm \text{ und}$$

$$r^2 = \frac{0{\cdot}316}{3{\cdot}14 \times 3{\cdot}0} \text{ oder}$$

$$r = \sqrt{\frac{0{\cdot}316}{3{\cdot}14 \times 3{\cdot}0}} = \sqrt{0{\cdot}0336} = 0{\cdot}183 \; m$$

also der Plungerdurchmesser $d = 0{\cdot}366 \; m$.

2. Wie stark ist die Betriebskraft für die Pumpe zu bemessen?

Es sind zu heben 1·5 *cbm* Wasser (oder 1500 *kg* Wasser) auf 30 *m* Höhe i. d. Min., d. h. es ist eine Arbeit zu leisten von:

$$1500 \times 30 = 45000 \; kgm \text{ i. d. Min. oder}$$

$$\frac{45000}{60} = 750 \; kgm \text{ oder } 10 \text{ Pfkr. i. d. Sec.}$$

Da jedoch der Wirkungsgrad einer Plungerdruckpumpe 0·8 beträgt, so muß von der Betriebsmaschine zur Überwindung der Widerstände und zur Bewegung der Massen ein Überschuß an Kraft auf die Pumpe übertragen werden, nämlich im ganzen

$$\frac{10}{0{\cdot}8} = 12{\cdot}5 \text{ Pfkr. i. d. Sec.}$$

bei regelmäßigem Gange.

Bei richtiger Bauart der Betriebs-Wassersäulenmaschine und der Pumpe werden beide mit verhältnismäßiger Vergrößerung der Aufschlagwassermenge auch mehr Spiele, etwa bis $6^1/_2$ i. d. Min., machen können; hierin würde eine Reservekraft von 30% der regelmäßigen Leistung gegeben sein.*)

*) Die Berechnung der Betriebsmaschinen gehört in die Maschinenlehre.

Abteufpumpen; Arbeiten an ersoffenen Pumpensätzen.

Während des Schachtabteufens müssen die etwa zudringenden Wasser, bevor es thunlich ist, feste Pumpen endgültig einzubauen, durch einfache Mittel bis zu Tage oder bis zu den untersten Pumpensätzen gehoben werden. Sehr wesentlich ist es, die Tagewasser etwa durch Herstellung wasserdichter Mauerung bis auf das feste Gestein fern zu halten, bezw. beim Weiterverteufen von Schächten die auf den tiefsten Strecken zusitzenden Wasser von dem Abteufen abzuhalten. Zeit und Geld, welche für derartige Zwecke aufgewendet werden, können durch schnelleres Fortschreiten der durch Wasserzuflüsse nicht behinderten Abteufarbeiten bald wieder eingebracht werden. Soll bei einem bereits in Betrieb stehenden Berggebäude ein neuer Schacht abgesenkt werden, so ist es möglich, die Wasserhaltung für das Abteufen zu ersparen, wenn man den Schachtpunkt unterfährt und in der Schachtscheibe ein Bohrloch niederbringt. Hierdurch werden die zusitzenden Wasser den Wasserhaltungsmaschinen der anderen Schächte zugeführt.

Ist wenig Wasser beim Abteufen vorhanden, so kann es durch Wasserziehen beseitigt werden, oder es wird wohl mit den Massen zugleich in denselben Gefäßen gefördert. Sind besondere Abteufpumpen nötig, so müssen dieselben leicht gebaut sein und schnell tiefer gehängt werden können, auch bezüglich der zulässigen Saug- und Druckhöhe möglichsten Spielraum gestatten. Jedenfalls ist, um das Abteufen vor dem Ersaufen zu schützen, eine Reservepumpe bereit zu halten. Als Abteufpumpen empfehlen sich leichte Hubpumpen, Senksätze genannt, ferner kleine, durch Dampf oder Preßluft betriebene Doppelplungerpumpen; dieselben arbeiten entweder mit Expansion und sind dann mit kleinem aber schwerem Schwungrad versehen, oder es sind Volldruckmaschinen wie die Tangye-Pumpen, bei denen das Schwungrad fortfällt; ihre Teile

sind auf gemeinschaftlichem Rahmen verlagert. Auch Strahlpumpen und Pulsometer finden zweckmäßig Verwendung.

Um die Pumpen tiefer rücken zu können, werden dieselben an Ketten oder Drahtseilen mittels Flaschenzüge oder Haspel aufgehängt, nach jedesmaligem Fortrücken jedoch unterfangen. Auch das Niederlassen an Senkschrauben und Hängestangen ist üblich; entsprechende Stangen- und Rohrlängen sind vorrätig zu halten. Als letztes Stück des Saugrohres benutzt man einen starken Gummischlauch mit eingelegter Drahtspirale (sogenannter Schläucher), der an seinem Ende mit Saugkorb versehen ist. Der Einbruch, auch Vorgesümpfe genannt, ist thunlichst unter der Pumpe an den Schachtstoß zu verlegen.

Trotz aller Vorsicht kommt es vor, daß Pumpen ersaufen und sich an denselben Arbeiten unter Wasser nötig machen, dieselben können etwa bis zu 40 *m* Tiefe durch Taucher mittels Schlauchapparaten ausgeführt werden. Der Taucher ist mit einem wasserdichten Anzuge bekleidet und trägt zum Schutze des Kopfes einen Helm, in welchen vorn Gläser für die Augen eingesetzt sind; in denselben mündet der Luftschlauch, der andererseits bis über die Wasseroberfläche reicht und vermittels dessen dem Taucher Luft durch eine Presse zugeführt wird. Ein Mann kann etwa 2 bis 3 Stunden anhaltend unter Wasser arbeiten. Auch Lampen sind gebaut worden, die unter Wasser brennen, und mit dem Überschusse an Luft gespeist werden, den der Mann zur Atmung nicht verbraucht.

IX. Wetterlehre.

Allgemeines.

Die in den Grubenbauen vorhandenen Luftarten nennt der Bergmann „Wetter,“ ihre gute Beschaffenheit ist ein Haupterfordernis für den geordneten Betrieb einer Grube, da das Atmen der Belegschaft und das Brennen des Geleuchtes durch Verschlechterung der Wetter unter Umständen unmöglich wird.

Die Wetterwirtschaft umfaßt alle diejenigen Vorkehrungen, welche nötig sind, um die gute Beschaffenheit der Wetter vor allen Betriebspunkten einer Grube dauernd zu gewährleisten.

Die Wetterlehre zerfällt in die folgenden Abschnitte:

1. Die Beschaffenheit der Wetter.
2. Das Geleucht, oder die Beleuchtung der Grubenräume.
3. Die Wetterversorgung, d. h. die Mittel zur Beschaffung der für eine Grube nötigen Luftmenge.
4. Die Wetterführung oder die Verteilung der Wetter auf die verschiedenen Betriebspunkte.
5. Grubenbrand.
6. Fahrung in bösen Wettern.

1. Die Beschaffenheit der Wetter.

Gute Wetter haben etwa die Zusammensetzung wie atmosphärische Luft, welche aus 79 Raumteilen Stickstoff (N), 21 Raumteilen Sauerstoff (O) und 0·04 Raumteilen Kohlensäure (CO^2) besteht. Gute Wetter können durch Entziehung von Sauerstoff und damit verbundene Vermehrung des Gehaltes an Kohlensäure in matte Wetter und durch Hinzutritt schädlicher Gasarten in böse Wetter übergehen. Beide Arten nennt man schlechte Wetter.

Der Sauerstoff der Grubenluft wird durch die Atmung der Menschen (und Tiere), durch das Brennen des Geleuchtes, durch Fäulnis des Holzes und durch Oxydationsprocesse verzehrt und eine entsprechende Menge Kohlensäure erzeugt. In matten Wettern brennt das Geleucht schlecht und erlischt schließlich; enthalten die Wetter mehr als 5 % Kohlensäure, so wirken sie schädlich auf den menschlichen Organismus.

Die Temperatur der Wetter ist von wesentlichem Einflusse auf das Wohlbefinden und die Leistung der Arbeiter, sie wird namentlich bedingt durch die Gesteinstemperatur, welche die Wetter bei längerem Wege durch die Grubenbaue allmählich annehmen. In einer Tiefe von 20 *m* ist die Gesteinstemperatur etwa gleich der mittleren Jahrestemperatur des betr. Ortes, sie nimmt dann nach der Tiefe zu, auf etwa 30 *m* um je 1° C, so daß z. B. im nördlichen Deutschland in einer Tiefe von 500 *m* eine Gesteinstemperatur von etwa

$$7 + \frac{500-20^0}{30} = 23^0 \text{ C.}$$

herrschen wird. Außerdem besitzen aber gewisse Stein- und Braunkohlen die Eigentümlichkeit, sich durch Berührung mit der atmosphärischen Luft bedeutend zu erwärmen, so daß in manchen Kohlengruben wesentlich höhere Temperaturen herrschen, als die Tiefe der Baue bedingen würde (vgl. den Abschn. Grubenbrand, S. 308). In sehr warmen Bauen (gewöhnlich über 30° C) ist das Arbeiten nur mit Unterbrechung gestattet, und bei außergewöhnlich hoher Temperatur (mehr als 40° C) dürfen nur Arbeiten zur Rettung von Menschenleben ausgeführt werden oder, um Gefahr von dem Werke abzuwenden.

Auch der Feuchtigkeitsgehalt der Wetter ist von Bedeutung. Zunächst sei daran erinnert, daß Luft von einer gewissen Temperatur nur eine bestimmte

Wassermenge als Wasserdampf aufnehmen kann. Luft, welche den höchsten zulässigen Wassergehalt besitzt, nennt man gesättigt. Trockene Grubenluft wirkt insofern nachteilig, als sie zur Staubbildung beiträgt, die immer schädlich auf die Lungen wirkt und im besonderen in Kohlengruben wegen der Entzündlichkeit des Kohlenstaubes vermieden werden muß. Zu große Trockenheit der Luft kann durch Sprengen von Wasser beseitigt werden. In neuester Zeit sind vielfach in dieser Beziehung Versuche angestellt worden; man hat zu diesem Zwecke durch die Grubenbaue Rohrleitungen für Druckwasser geführt und läßt dieses an staubreichen Stellen durch besondere Mundstücke austreten, welche ein Zerstäuben des Wassers und damit ein Niederschlagen des Staubes bewirken; der Luft wird zu gleicher Zeit ein gewisser Feuchtigkeitsgrad mitgeteilt. Seit längerer Zeit sind die Mundstücke der Victoria-Ventilatoren bekannt, bei denselben treffen sich drei feine Wasserstrahlen in einem Punkte und zerstäuben sich gegenseitig.

In anderer Weise nachteilig wirkt ein hoher Feuchtigkeitsgehalt der Grubenluft, der also dem Sättigungspunkte nahe liegt, namentlich dann, wenn die Temperatur verhältnismäßig hoch ist. Geraten nämlich die Arbeiter in Schweiß, so tritt in trockener Luft durch die Verdunstung des Schweißes eine erhebliche Abkühlung des Körpers ein; in mit Feuchtigkeit gesättigter Luft ist das letztere jedoch nicht möglich und die Körperwärme kann sich zu gesundheitschädlicher Höhe steigern. Die Feuchtigkeit der Luft kann nur dadurch vermindert werden, daß man einen lebhaften Wetterwechsel unterhält, worin überhaupt das einzige wirksame Mittel zur Verbesserung schlechter Wetter besteht. Den Feuchtigkeitsgrad der Luft bestimmt man mit Hilfe der Hygrometer.

Auch der Verschlechterung der Grubenluft durch Miasmen, die sich z. B. durch faulendes Grubenholz und schlecht eingerichtete Kübelörter bilden, ist thun-

lichst vorzubeugen; deshalb ist auch das Tabakrauchen in den Grubenbauen verboten.

Böse Wetter entstehen schon durch fortgesetzten Verbrauch an Sauerstoff und gleichzeitige Bildung von Kohlensäure. Außer in den S. 276 angeführten Fällen bildet sich auch Kohlensäure durch die Explosion der Sprengstoffe, durch Grubenbrand (vgl. S. 308) und durch Exhalation aus manchen Kohlen. Stark kohlensäurehaltige Wetter nennt man auch schwere Wetter oder Schwaden. Die Kohlensäure hat das sp. G. 1·5 und deshalb das Bestreben, sich an der Sohle und an tiefen Punkten anzusammeln, z. B. in Abteufen und Fallörtern. Das Geleucht brennt in Kohlensäure nicht, man erkennt daher Ansammlungen dieses Gases daran, daß das Geleucht erlischt, wenn man es der Sohle nähert. Wie schon oben bemerkt, ist das Einatmen von Grubenluft mit 5 % Kohlensäure schädlich.

Außer der Kohlensäure treten in den Grubenbauen noch folgende Gasarten häufiger auf:

Kohlenoxydgas CO,
Schwefelwasserstoffgas H_2S und
Grubengas CH_4.

Das Kohlenoxydgas entwickelt sich durch unvollkommene Verbrennung, namentlich neben Kohlensäure bei Grubenbränden, und ist in den sogen. Brandgasen gewöhnlich mit Rauch und Qualm vermischt. Das sp. G. ist 0·97, Kohlenoxydgas mengt sich daher gleichmäßig mit den Wettern. Das Gas ist gefährlich, da es geruchlos ist und da in einem Gasgemische, das auf den Menschen schon tödlich wirkt, das Geleucht noch brennt; auch sind einfache Mittel, um das Gas zu erkennen, nicht bekannt. Gemische von Kohlenoxydgas mit atmosphärischer Luft entzünden sich z. T. an der Lichtflamme, am explosibelsten ist ein Gemenge von 29 Raumteilen Kohlenoxydgas mit gewöhnlicher Luft.

Auch beim Feuersetzen kann sich neben Kohlensäure Kohlenoxydgas bilden, es sind deshalb die nötigen Vorsichtsmaßregeln im Auge zu behalten.

Das Schwefelwasserstoffgas bildet sich namentlich in ersoffenen Bauen durch Zersetzung von Schwefelkies und ist durch seinen eigentümlichen, unangenehmen Geruch leicht zu erkennen, das sp. G. ist 1·2. Luft, welche $\frac{1}{10}$ % Schwefelwasserstoff enthält, wirkt giftig beim Einatmen und entzündet sich mit Explosion an der Lichtflamme.

Das Grubengas, auch leichtes Kohlenwasserstoffgas oder Methan genannt, entwickelt sich aus der Steinkohle und dem Steinkohlengebirge, daneben tritt, jedoch verhältnismäßig selten, schweres Kohlenwasserstoffgas (C_2H_6), auch Äthan genannt, auf. Die Mischung von Grubengas mit atmosphärischer Luft nennt man Schlagwetter oder schlagende Wetter, da gewisse derartige Gemische sich an der offenen Lichtflamme und in Berührung mit weißglühenden Körpern unter Explosionserscheinungen entzünden. Grubenluft mit 6 und mehr Procent Grubengas ist entzündlich, am explosibelsten ist das Gemenge bei 9·4% Grubengasgehalt, bei größeren Gehalten nimmt die Neigung zur Explosion allmählich ab.

Grubenluft, welche viel Kohlenstaub enthält, (vgl. S. 277) wirkt unter Umständen (namentlich wenn die Kohlen gasreich sind) ganz ähnlich wie ein Schlagwettergemisch, auch wird durch die Gegenwart von Kohlenstaub die Entzündlichkeit und Explodierbarkeit von Schlagwettergemischen wesentlich erhöht, so daß Explosionen eintreten können, auch wenn die Wetter nur einige Prozente Grubengas enthalten. Durch eine Explosion schlagender Wetter wird eine sehr hohe Temperatur erzeugt und ein gewaltiger Luftstoß hervorgebracht, der Sauerstoff der Wetter wird verzehrt und es bilden sich Kohlensäure und Kohlenoxydgas als sogenannte Nachschwa-

den; diese unatembaren Gase fordern bei Schlagwetterexplosionen oft noch mehr Opfer als die eigentliche Explosion. Das Grubengas hat ein specifisches Gewicht von 0·55, ist also wesentlich leichter als atmosphärische Luft und sammelt sich daher hauptsächlich an der Firste, in Steigorten und in Überhauen an.

Bezüglich der Entwickelung von Grubengas verhalten sich verschiedene Kohlenablagerungen auch sehr verschieden. Es ist wohl anzunehmen, daß alle Kohlen hochgespannte Gase enthalten haben, dieselben sind jedoch dann ganz oder z. T. entwichen, wenn die Kohlen von klüftigen Gesteinen überlagert sind, oder durch Verwerfungen und Klüfte eine mehrfache Störung der ursprünglichen Ablagerung stattgefunden hat, dagegen pflegen sich solche Kohlenflöze, deren Lagerung nicht gestört worden ist, und die von undurchlässigen Gebirgsschichten überlagert sind, durch hohen Gasgehalt auszuzeichnen. Diese Hypothese stimmt mit den thatsächlichen Beobachtungen über das Auftreten des Grubengases recht wohl überein; denn es entwickelt sich in manchen Flözen aus den beim Grubenbetrieb freigelegten Stößen beständig Grubengas in geringer Menge, und man hat in Bohrlöchern von einigen Metern Tiefe, die in der Kohle hergestellt wurden, sehr hohe Gasspannungen beobachtet. Bei dem Austreten des Grubengases aus der Kohle ist oft ein knisterndes Geräusch zu beobachten, das die Bergleute „Krebsen“ nennen. Außerdem treten oft aus Klüften oder Verwerfungen größere Mengen Grubengas und zwar zuweilen jahrelang aus. Solche Gasausströmungen nennt man Bläser, man hat sie in einzelnen Fällen in Rohre gefaßt, über Tage geleitet, und dort das Gas zu Versuchen, zur Heizung, auch zur Beleuchtung verwendet. Endlich treten zuweilen große Mengen von Grubengas plötzlich aus der Kohle oder den abgebauten Feldteilen aus, es finden sogenannte Gasausbrüche statt, die eine sehr große Gefahr bilden. Es ist vorgekommen, daß die Gase alle Grubenbaue erfüllt, sich über

Tage zufällig entzündet und dann die verheerendsten Explosionen veranlaßt haben.

Die Gasentwickelung steht auch in gewisser Beziehung zu der Änderung des Luftdruckes. Im besonderen ist als erwiesen anzusehen, daß nach einem schnellen Fallen des Barometers stärkere Gasentwickelungen stattfinden. Es ist daher die fortlaufende Beobachtung der Barometerstände von großer Wichtigkeit; tritt ein Barometersturz ein, so ist besondere Vorsicht geboten. Ein Barometerfall von 1 *mm* in einer Stunde ist schon sehr bedeutend.

Das Vorhandensein von Grubengas läßt sich am einfachsten mit Hilfe der verkleinerten Flamme der Sicherheitslampe (vgl. S. 283) nachweisen. Solche Gruben, in denen Schlagwetter auftreten oder in denen das Auftreten derselben wahrscheinlich ist, heißen Schlagwettergruben, sie unterliegen besonderen bergpolizeilichen Bestimmungen, namentlich in Bezug auf die Wetterwirtschaft, den Gebrauch der Sicherheitslampen und die Ausführung der Schießarbeit.

Früher brannte man in Schlagwettergruben an den höchsten Punkten der belegten Baue ewige Lampen, d. h. offene Lampen, welche den Zweck haben sollten, etwa an der Firste sich ansammelnde Schlagwetter in kleinen Mengen zu entzünden und ruhig abbrennen zu lassen. Es sollte hierdurch die Anhäufung größerer Mengen von Schlagwettern verhindert werden. Mit der Einführung des Sicherheitsgeleuchtes und dem Verbote der Benutzung des offenen Geleuchtes für Schlagwettergruben sind die ewigen Lampen nunmehr wohl verschwunden. Dagegen strebt man in Schlagwettergruben dahin, die Wetter in den Bauen nur steigend zu führen und durch Beschaffung genügender Mengen frischer Wetter die Ansammlung explosibler Gasgemenge zu vermeiden.

Sehr günstig wirkt in dieser Beziehung auch die ununterbrochene Belegung der Arbeitspunkte. Hat ein Ort oder eine Betriebsabteilung mehrere Stunden außer

Betrieb gestanden, so ist vor der Anfahrt der Belegschaft eine sorgfältige Untersuchung sämtlicher Betriebe auf die Wetterbeschaffenheit durch besondere Wettermänner geboten.

Das einzige Mittel, welches bis jetzt dem Bergmanne zur Verfügung steht, um schlechte Wetter zu beseitigen, ist die Zuführung einer ausreichender Menge frischer Wetter, hierdurch tritt eine Verdünnung und schließlich Verdrängung der verbrauchten Wetter ein. Die Vernichtung schädlicher Bestandteile der Wetter auf chemischem Wege ist bis jetzt noch nicht gelungen.

Die bisher genannten Mittel zur Erkennung der Beschaffenheit der Wetter gestatten nur allgemeine Schlüsse, die genaue Bestimmung der quantitativen Zusammensetzung der Wetter erfolgt nach den Methoden der Gasanalyse.

2. Das Geleucht.

Das Geleucht dient zur Beleuchtung der Grubenbaue und ist entweder stationär, d. h. fest, feststehend, oder tragbar.

Feststehendes Geleucht ist vorgeschrieben für die Füllörter, von denen gefördert wird, und nachts für die Hängebänke. Außerdem werden Maschinenräume und Pferdeställe unter Tage, sowie längere Querschläge durch feste Lampen erleuchtet; das Ausweißen dieser Räume mit Kalkmilch ist sehr zweckmäßig. Zur stationären Beleuchtung dienen größere Lampen mit Rüböl-, Petroleum-, oder Benzinbrand, in neuerer Zeit wird auch Ligroin und Solaröl benutzt, das letztere jedoch unter Zuführung von Preßluft zur Flamme.

Das elektrische Licht hat zur beständigen Beleuchtung unter Tage nur in vereinzelten Fällen Verwendung gefunden, dagegen werden die Werksplätze bereits vielfach durch Bogenlampen, die Aufbereitungen und Expeditionen mittels Glühlampen erleuchtet. Auch trag-

bare elektrische Lampen sind bis jetzt als Geleucht in der Grube nur versuchsweise benutzt worden.

Als tragbares Geleucht, das jeder Arbeiter mit sich führt, werden Kerzen und Lampen in sehr verschiedener Form, je nach Gewohnheit verwendet. Das Geleucht soll für die Dauer einer Schicht ein zur Arbeit ausreichend helles Licht geben, es soll wohlfeil sein und sich bequem handhaben lassen; der Bergmann sagt, es soll gefährlich sein.

Die Kerzen sind gewöhnlich aus Talg. Die Lampen müssen gut verschlossen sein, damit auch beim etwaigen Herabfallen der Brennstoff nicht verschüttet wird; man brennt entweder Rüböl oder Petroleum, letzteres hat den Vorzug, daß die Lampen auch in matten Wettern nicht so leicht verlöschen. Kerzen und Lampen werden entweder frei in der Hand geführt oder in sogenannten Blenden, das sind kleine länglich-rechteckige Kästchen von Holz, oben gewölbt, vorn offen und innen mit blankem Metallblech ausgeschlagen, sie tragen hinten einen Haken zur Handhabung und zum Einhängen in den Blendenriemen, der um den Hals getragen wird. In der Blende befindet sich eine Lichttülle und ein Pflöckchen, auf welches man die Lampe stecken kann. Kerzen und kleine Lampen werden während der Arbeit mit ein wenig Letten an den Stoß geklebt. Größere Lampen, die frei an einem gebogenen Haken hängend in der Hand geführt werden, können mit Hilfe dieses an Vorsprüngen des Gesteins oder an Teilen der Zimmerung angehängt werden.

Die Sicherheitslampen, auch Wetterlampen genannt, beruhen sämtlich auf der von Davy ermittelten Thatsache, daß eine Lichtflamme durch ein engmaschiges Drahtgewebe nicht früher durchschlägt, als bis dasselbe weißglühend geworden ist. In allen Sicherheitslampen, deren Form im großen und ganzen wenig von einander abweicht, ist die Lichtflamme durch ein dichtes Drahtgewebe von der Grubenluft getrennt. Die älteste

Sicherheitslampe, die übrigens heute z. T. noch in englischen Gruben in Gebrauch ist, wurde 1815 von Davy angegeben (Fig. 203); sie besteht aus dem Öltopf mit der Tülle und dem Dochte, dem Drahtkorbe und dem Gestell, durch welches die beiden anderen Teile zusammengehalten werden. Außerdem ist, um den Docht zu putzen, während die Lampe geschlossen bleibt, ein Putzhaken vorhanden. Das Gestell wird auf den Öltopf mittels eines Ringes aufgeschraubt; in diesem sind 4 oder 5 Stangen befestigt, welche den Drahtkorb vor Beschädigung schützen, und eine Art Dach tragen, an dem der Führungshaken angebracht ist. Die Flamme erhält durch den untersten Teil des Drahtkorbes die nötige Verbrennungsluft, während die Verbrennungsgase im mittleren Teile der Lampe aufsteigen und durch den oberen Teil des Drahtkorbes entweichen.

Bei den neueren Sicherheitslampen wurde der untere Teil des Drahtkorbes durch einen Glascylinder von 6 bis 8 *mm* Wandstärke und etwa 60 *mm* Höhe ersetzt und so eine größere Helligkeit der Lampe erzielt. Demgemäß mußte (Fig. 204) die Form des Gestelles abgeändert werden, indem über dem Glascylinder ein zweiter Ring eingefügt wurde. Die erste Lampe dieser Bauart war diejenige von Clanny.

Eine gute Sicherheitslampe soll bei einfacher Einrichtung den folgenden Forderungen entsprechen:*)

1. Eine ausreichende Leuchtkraft während der Dauer einer Schicht entwickeln.

2. Gegen das Durchschlagen der Flamme und

3. gegen das Durchblasen Sicherheit gewähren.

4. Die Möglichkeit bieten, gefahrdrohende Ansammlungen von Schlagwettern leicht zu erkennen.

5. Die einzelnen Teile der Lampe müssen wetterdicht zusammengesetzt sein.

---

*) Nach dem III. Bde. der Anlagen zum Hauptberichte der preußischen Schlagwettercommission. 1886.

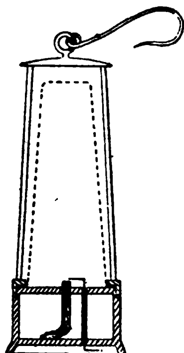


Fig. 203.
Davy'sche Sicherheitslampe.

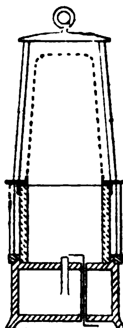


Fig. 204.
Clanny Lampe.

6. Eine Verschlußvorrichtung, welche das unbefugte Öffnen der Lampen verhindert, soll vorhanden sein.

Die Leuchtkraft der neueren Sicherheitslampen mit Öl- oder Petroleumbrand beträgt etwa 0·6 Normalkerzen, erst durch Einführung des Benzinbrandes (vgl. Wolf's Lampe S. 288) erreichte man eine anfängliche Helligkeit von 1·0 Normalkerze, die jedoch während der Schicht bis auf 0·8 zurückgeht.

Unter Durchschlagen der Lampe versteht man die Fortpflanzung einer in der Lampe entstehenden Explosion eines Schlagwettergemenges nach außen. Je enger das Drahtnetz und je größer seine ganze Fläche im Verhältnis zum Rauminhalte der Lampe ist, desto sicherer ist in dieser Beziehung eine Lampe. Durch Anbringen zweier Drahtkörbe kann die Sicherheit noch vermehrt werden.

Die mittlere Wettergeschwindigkeit in den Hauptwetterstrecken pflegt etwa 2 *m* i. d. Sec. zu be-

tragen, doch kommen, wenn auch sehr selten, Wettergeschwindigkeiten bis zu 10 *m* vor. In solchen Fällen kann es wohl vorkommen, daß die Flamme von dem die Lampe durchströmenden Luftzuge umgelegt und gegen das Drahtnetz geführt wird. Geschieht dies längere Zeit hindurch, so kann das Drahtnetz glühend werden und die Flamme hindurchtreten; man sagt, die Flamme ist hindurchgeblasen worden. Auch ist es, wenn die Lampe schräg gehalten wird, möglich, durch Ansaugen der Luft mittels einer Tabakspfeife die Flamme durch das Drahtnetz hindurchzuziehen und die Pfeife zu entzünden. Diesem Übelstande haben Marsaut und Andere dadurch zu begegnen gesucht, daß sie den unteren Teil des Drahtkorbes der Lampe in geringem Abstande mit einem Blechmantel umgaben, es wird jedoch hierdurch die Lampe zum Erkennen der Schlagwetter minder geeignet.

Das Erkennen von Grubengas mittels der Sicherheitslampe beruht darauf, daß sich in Schlagwettern eine Lichtflamme verlängert und mit einem bläulichen, nur schwach leuchtenden Saume umgiebt. Wenn man die Flamme der Sicherheitslampe so viel wie möglich verkleinert, erscheint der blaue Saum, den man Aureole nennt, besonders deutlich. Da sich Schlagwetter an den höchsten Stellen ansammeln, so nähert man bei einer Untersuchung die Lampe vorsichtig der Firste unter steter Beobachtung der Flamme. Fast sämtliche Lampenconstructionen geben erst bei einem Grubengasgehalte von 2% eine deutliche Aureole, bei höheren Gehalten verlängert sich dieselbe mehr und mehr, schließlich erfüllt sich das ganze Innere der Lampe mit blauer Flamme oder die Aureole erlischt. Hat man Schlagwetter gefunden, so ist jedenfalls die Lampe langsam wieder von der Firste zu entfernen und sofern es nötig ist, nicht durch Ausblasen, sondern durch völliges Herabschrauben des Dochtes oder durch Bedecken mit der Kleidung zum Verlöschen zu bringen.

Geringere Grubengasgehalte als 2% lassen sich mit der Pieler'schen Alcohollampe erkennen, dieselbe hat nur den Zweck, zur Untersuchung der Wetter zu dienen, denn die Alcoholflamme leuchtet nicht. Die Pielerlampe hat die Form der Davylampe, doch ist sie etwas höher gebaut, die Alcoholflamme, die genau auf 30 *mm* Höhe eingestellt wird, ist von einem Blechkegel umgeben, um dem Auge des Beobachters das Erkennen der nur schwach leuchtenden violetten Aureole zu erleichtern. Schon bei einem Grubengasgehalte von 1/4 % bildet sich eine Aureole von 30 *mm* Höhe, und bei 2 1/4 % Grubengasgehalt reicht die Aureole bei 140 *mm* Höhe bis an die obere Fläche des Drahtkorbes. Die Pielerlampe ist somit ein überaus empfindlicher Schlagwetterindicator.

Wetterdicht schließt eine Lampe, wenn sie an keiner Stelle durch eine Öffnung, die größer als 0·25 *qmm* ist, mit der umgebenden Luft in Verbindung steht; es dient daher zum Verdecken aller etwa vorhandenen Öffnungen feines Drahtgewebe.

Der Verschluß der Wetterlampen wurde zuerst durch Verschlußschrauben bewirkt, die sich nur mittels eines eigenartig gestalteten Schlüssels öffnen ließen, dann versuchte man es mit Verschlußnieten und Plomben, die mit besonderen Stempeln versehen wurden. Doch die Arbeiter öffneten auch diese Verschlüsse und verschafften sich sogar die Hilfsmittel, um neue Verschlüsse herzustellen. Die Veranlassung zu diesen Bestrebungen, die Lampe öffnen und wieder anzünden zu können, lag wohl hauptsächlich darin, daß die verlöschten Lampen in zum Teil weit entfernten Lampenstuben gegen brennende umgetauscht werden mußten. Auch Reservelampen, die man den Belegschaften mitgab, stellten die Mißstände nicht völlig ab. Unter den vielen Arten von Lampenverschlüssen haben sich die magnetischen (vgl. Wolfs Lampe) am besten bewährt, die Lampen können nur mit Hilfe eines sehr starken Magneten geöffnet werden.

Um das Verlöschen der Lampen weniger störend zu machen, versah man dieselben mit innen angebrachten Zündvorrichtungen; am verbreitetsten ist wohl die Schlagzündung (Percussionszündnng) von Wolf für Benzinbrand. Die Reibzündung von Müller soll auch für Öl- und Petroleumbrand dienen; auch elektrische Zündvorrichtungen sind angegeben worden.

Bei den mit Glascylindern versehenen Lampen kann die Luftzuführung verschieden sein. Findet die Luftzufuhr durch den unteren Teil des Drahtkorbes statt, so stören sich der an den Wänden des Glascylinders niedersinkende frische Luftstrom und die in der Mitte aufsteigenden Verbrennungsproducte auf ihrem Wege und die Lampen verlöschen leicht; man spricht bei diesen Lampen von Luftzuführung von oben. Um die Luftzuführung von unten und damit ein ruhigeres Brennen der Flamme zu ermöglichen, hat man entweder zwischen dem unteren Rande des Glascylinders und dem Öltopfe einen Drahtnetzring eingelegt, oder es sind im Öltopfe senkrechte Luftzuführungskanäle ausgespart worden, die durch Drahtnetze verschlossen gehalten werden. In allen Fällen ist die Bauart der Lampen mit Luftzuführung von unten weniger einfach.

Es mögen nun noch die Lampen von Müseler und Wolf eingehender beschrieben werden:

Müseler hat durch Einbau eines Blechschornstein's innerhalb des Drahtkorbes bei Luftzuführung von oben die frische Luft und die Verbrennungsgase getrennt. Mit dem Schornstein ist ein wagrechtes Drahtnetz (Diaphragma) verbunden, welches auf dem oberen Rande des Glascylinders aufliegt und die Gefahr des Durchschlagens und Durchblasens vermindert. Die Müselerlampe ist in Belgien sehr viel in Benutzung, doch macht sie der Blechschornstein zum Erkennen von Schlagwettergemischen weniger geeignet.

Die Wolf'sche Sicherheitslampe war die erste, in welcher Benzin als Brennstoff Verwendung fand, der

Docht setzt keine Rispe an, der Putzhaken kann daher fortfallen. Der Benzintopf ist mit Watte gefüllt, von welcher das Benzin aufgesogen wird, so daß in der Lampe kein flüssiges Benzin vorhanden ist, die Füllöffnung wird durch eine Schraube luftdicht geschlossen. Die Schlagzündvorrichtung kann mit Hilfe einer Zugstange, welche durch den Benzintopf hindurchgeht, in Thätigkeit versetzt werden, indem ein kleiner Hammer beim Niederfallen auf einen Amboß eine Zündpille des Zündstreifens zur Explosion bringt. Hierdurch richtet sich ein Feuerstrahl auf den Docht und zündet bei der leichten Entflammbarkeit der Benzingase die Lampe an. Der magnetische Verschluß besteht aus einem zweiarmigen Hebel, der um eine Achse drehbar und in einer Ausfräsung des unteren Gestellringes angebracht ist. Das eine Ende hat die Form eines Sperrzahnes, es wird durch den Druck einer Feder gegen das Schraubengewinde des Benzintopfes gedrückt und schnappt beim Zuschrauben in entsprechende Vertiefungen ein. Das Aufschrauben der Lampe kann nur erfolgen, nachdem der Sperrzahn gegen den Federdruck durch einen starken Magneten zurückgezogen worden ist. Die Wolf'sche Benzinlampe wird in zweifacher Ausführung hergestellt, mit Luftzuführung von oben oder von unten.

Der Sicherheitslampendienst ist auf den Gruben durch besondere Vorschriften geregelt. Die Lampen sind Eigentum der Grube und tragen fortlaufende Nummern; jeder Arbeiter erhält stets dieselbe Lampe und ist für sie verantwortlich. Vor der Schicht werden die Lampen den Arbeitern gesäubert, gefüllt, angezündet und verschlossen übergeben, nach der Schicht werden sie in der Lampenstube wieder abgegeben. Etwa schadhafte Teile, wie Glascylinder, Drahtkörbe, oder Zündvorrichtungen, werden auf Kosten der Arbeiter ausgewechselt.

Die Wetterversorgung.

Der natürliche Wetterwechsel.

Der Wetterwechsel in der Grube beruht, wie jede Luftströmung, auf einer Störung im Gleichgewichte der Luft, und wird durch die Verschiedenheit der Temperatur und damit der Dichtigkeit und Schwere der Luftmassen in der Grube und über Tage hervorgebracht. Während die Temperatur über Tage mit den Tages- und Jahreszeiten beständigem Wechsel unterworfen ist, herrscht in der Grube das ganze Jahr hindurch infolge der Gesteinswärme eine angenähert gleiche Temperatur. Übrigens wird durch den Atmungsprozeß und das Brennen des Geleuchtes auch etwas Wärme erzeugt. Im allgemeinen ist die Luft in der Grube im Winter wärmer als über Tage, im Sommer dagegen kälter, letzteres jedoch nur falls die Tiefe der Grube einige Hundert Meter nicht überschreitet (vgl. S. 276).

Schon dann, wenn eine Grube nur durch einen Ausgang mit dem Tage in Verbindung steht, wird ein geringer Wetterwechsel durch Diffusion veranlaßt; ein regelmäßiger Wetterwechsel läßt sich auch in diesem Falle erreichen, wenn man einen Wetterscheider (vgl. S. 305) einbaut und dadurch den ein- und ausziehenden Wetterstrom trennt. Doch ist für Kohlengruben die Anlage zweier Tageausgänge vorgeschrieben, um eine zuverlässigere Wetterversorgung zu beschaffen und es der Belegschaft zu ermöglichen, falls der eine Tageausgang unfahrbar wird, durch den anderen die Oberfläche zu erreichen.

Besonders deutlich läßt sich der natürliche Wetterwechsel verfolgen, wenn eine Grube durch Stolln und Schacht (Fig. 205) mit dem Tage in Verbindung steht. Da über der Höhenlage der Schachthängebank gleiche Luftverhältnisse herrschen, so kommen für die Gleichgewichtsbedingungen der Grubenluft nur die Luftsäulen in Betracht, die sich zwischen der Hängebank und dem Stollnmundloche befinden. Im Winter steht über

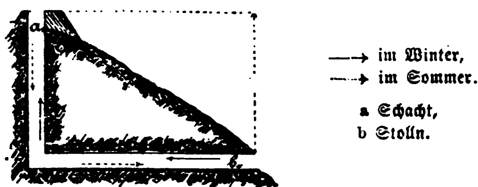


Fig. 205. Natürlicher Wetterwechsel.

dem Stollnmundloche eine kalte, also schwere Luftsäule, im Schachte dagegen ist die Luftsäule erwärmt, mithin leichter; daher ziehen die Wetter (in der Richtung des Überdruckes) kalt zum Stolln ein und erwärmt durch den Schacht aus. Im Sommer dagegen ist die über dem Stollnmundloche befindliche Luftsäule warm, im Schachte kühlt sich die Luft ab, daher ziehen die Wetter warm zum Schachte ein und verlassen abgekühlt den Stolln. Wegen des größeren Temperaturunterschiedes wird der Wetterwechsel im Winter lebhafter sein als im Sommer. Ähnlich sind die Verhältnisse, wenn eine Grube mittels zweier Schächte mit dem Tage in Verbindung steht. Den Wechsel in den beiden Bewegungsrichtungen der Wetter nennt man das Umsetzen der Wetter.

Der natürliche Wetterwechsel kann durch zweckentsprechende Auswahl der Höhenlage der Tageausgänge und durch Rücksichtnahme auf die vorherrschende Windrichtung wesentlich verstärkt werden. Der Höhenunterschied zwischen zwei Tageöffnungen kann überdies durch Aufsatteln eines Schachtes, d. h. durch Erhöhen seiner Hängebank über den gewachsenen Boden, ferner durch den Bau von Wettertürmen oder das Aufsetzen von Wetterlutten vergrößert werden. Auf die Wetterlutten setzt man wohl einen drehbaren Wetterhut, der sich mittels eines Flügels (Fig. 206 und 207) stets mit seiner Öffnung der Windrichtung entgegen einstellt und entweder saugend oder blasend wirken kann.

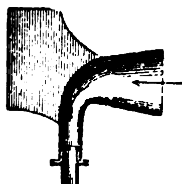


Fig. 206.
Blasender Wetterhut.

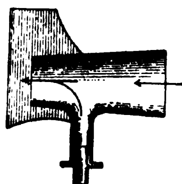


Fig. 207.
Saugender Wetterhut.

Messung der Wettermenge.

Die Wettermenge M, welche einen Grubenbau durchzieht, ist gleich dem Querschnitte des Baues Q, multipliziert mit der Wettergeschwindigkeit v.

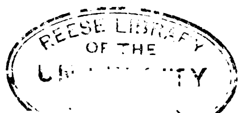
$$M = Qv.$$

Der Querschnitt wird durch geometrisches Verfahren bestimmt; falls die Stöße nicht glatt sind, so ist für genaue Wettermessungen durch Verschlagen mit Brettern ein regelmäßiger Querschnitt herzustellen (Wetterstation).

Die Wettergeschwindigkeit kann durch einfache Mittel angenähert bestimmt werden. Schreitet man eine gemessene Streckenlänge unter Beobachtung der Uhr mit einem offenen Lichte in der Hand so ab, daß die Lichtflamme aufrecht bleibt und nicht umgelegt wird, so ist die Wettergeschwindigkeit etwa gleich der Geschwindigkeit des Beobachters.

Zwei Beobachter können in einer geraden Strecke von bekannter Länge mit Hilfe gleichgehender Secundenuhren die Geschwindigkeit einer, etwa durch Anzünden feuchter Späne hervorgebrachten, Dampfwolke (die mit den Wettern gleich schnell zieht), angenähert bestimmen.

Am genauesten läßt sich die Wettergeschwindigkeit mit einem Flügelanemometer messen. Dasselbe besteht aus dem Flügelrad und dem Zählwerk. Auf der Verlängerung der Flügelradaxe sitzt



eine Schraube ohne Ende, welche an einen Trieb des Zählwerkes angreift; übrigens ist eine Ausrückvorrichtung (Arretierung) vorhanden. Sämtliche Teile sind durch Fassungen geschützt und auf einer Fußplatte befestigt; das Instrument kann auf einer Spreize aufgestellt oder auf ein kleines Stativ aufgeschraubt werden. Das Flügelrad besteht gewöhnlich aus 12 zur Achse schräg gestellten Flügeln aus Aluminium oder Glimmer; auf dem Zifferblatte des Zählwerkes bewegen sich mehrere Zeiger, an denen die Einer, Zehner, Hunderter, Tausender, u. s. w. bequem abgelesen werden können.

Zur Beobachtung wird das Flügelanemometer im Mittel der Strecke so aufgestellt, daß die Achse des Flügelrades in der Richtung des Wetterstromes steht. Der Beobachter schreibt die Ablesung an dem Zifferblatte auf, rückt das Zählwerk ein und läßt dann das Flügelrad nach einer Secundenuhr eine Minute lang laufen, darauf wird das Zählwerk wieder festgestellt und nochmals abgelesen. Die Differenz beider Ablesungen giebt die Anzahl Umdrehungen i. d. Min. Der Versuch wird wiederholt und aus beiden Ergebnissen das Mittel genommen. Zählt man hierzu die an jedem Anemometer vermerkte Constante, so erhält man die Wettergeschwindigkeit i. d. Min. Zugleich mit der Geschwindigkeit wird zweckmäßig die Temperatur der Wetter beobachtet. In gleicher Weise kann die durch Lutten einem Betriebspunkte zugeführte Wettermenge gemessen werden, indem man das Instrument in der Lutte selbst aufstellt. Die Beobachtungen sind übersichtlich geordnet in ein Wetterbuch einzutragen.

Beispiel. Wetterstation III.

1. Ablesung	2187		
2. Ablesung	2316	Differenz	129
3. Ablesung	2449	„	133
Zahl der Umdrehungen, Mittel			131
Constante			10
Wettergeschwindigkeit i. d. Min.			141 m

Streckenquerschnitt	3·10 *qm*
Wettermenge i. d. Min.	437·1 *cbm.*

Die künstliche Wetterversorgung.

Sämtlichen belegten Bauen einer Grube sind so viel frische Wetter zuzuführen, daß das Geleucht gut brennt, das Atmen beschwerdefrei erfolgt und Leben und Gesundheit der Belegschaft nicht durch die Ansammlung schädlicher Luftarten gefährdet oder durch zu hohe Wärme beeinträchtigt wird. *)

Die vorstehende Bestimmung gilt in ähnlicher Weise in sämtlichen Staaten mit geordnetem Bergwerksbetriebe für alle Gruben, nur für die Schlagwettergruben sind besondere Bestimmungen getroffen, welche eine gewisse Menge frischer Wetter i. d. Min. für jeden Mann der Belegschaft fordern. Im Königreich Sachsen *) wird z. B. verlangt, daß der Grube in den Durchgangsströmen für jeden Mann der in der Hauptschicht anfahrenden Belegschaft 2 *cbm* frische Wetter zuströmen, außerdem müssen jedem Betriebspunkte einer Schlagwettergrube — es gehört das eigentlich in den Abschnitt Wetterführung — auf den Mann und die Minute 1·5 *cbm* frische Wetter zugeführt werden.

Sofern der natürliche Wetterwechsel nicht ausreicht, um die nach Vorstehendem nötige Wettermenge für eine Grube zu beschaffen, müssen künstliche Mittel zu Hilfe genommen werden.

Sehr einfache Mittel, um vor einzelnen Betriebspunkten eine Bewegung der Wetter hervorzubringen, bestehen in dem Buschen oder Wedeln. Das Buschen wird durch Schlagen mit Baumzweigen oder durch wiederholtes Hineinlassen von Zweigbüscheln in einen Schacht ausgeführt. Öfteres Schlagen mit dem abgeschnallten Leder, mit Tüchern oder dergl. in der Richtung des Wetter-

---

*) Allgemeine Bergpolizeivorschriften für das Königreich Sachsen vom 25. März 1886.

stromes nennt man Wedeln. Die durch diese Mittel herbeigeführte Beschleunigung des Wetterwechsels, oder Diffusion der Luftarten ist nur geringfügig. Um den Wetterwechsel wesentlich zu verstärken, muß das Gleichgewicht der Luft gestört werden, indem entweder das Gewicht (und gleichbedeutend damit die Dichtigkeit, der Druck) der ausziehenden Wetter vermindert, oder das Gewicht der einziehenden Wetter vermehrt wird.

Die Abkühlung des einziehenden Wetterstromes kommt nur selten zur Anwendung, z. B. durch Verfallenlassen von Wasser in den einziehenden Schacht. Die Erwärmung des ausziehenden Wetterstromes wird durch Feuerungsanlagen erreicht, doch nimmt wegen der damit verbundenen Übelstände deren Benutzung stetig ab; sehr ausgedehnte Anwendung finden dagegen die Ventilatoren (Wettermaschinen), die je nach der Anordnung saugend wirken, d. h. den ausziehenden Wetterstrom verdünnen, oder blasend wirken, d. h. den einziehenden Wetterstrom verdichten.

Erwärmung der ausziehenden Wetter.

Für vorübergehende Zwecke und bei kleinen Gruben hängt man in den ausziehenden Schacht Feuerkörbe. Dieses Verfahren nennt man Kesseln; bei ausgezimmerten Schächten ist große Vorsicht anzuwenden, damit die Zimmerung nicht in Brand gerät. Auf Gruben mit Dampfmaschinenbetrieb verbindet man wohl ein wetterdicht abgeschlagenes Schachttrum mit der Esse; die in derselben befindliche erwärmte Luftsäule wirkt ansaugend auf die Wetter, ähnlich wirkt ein über Tage aufgestellter Wetterofen, dessen Anlage im übrigen dieselbe ist, wie diejenige eines Wetterofens unter Tage. Letzterer (Fig. 208) besteht aus dem Roste für die Feuerung und der umgebenden Mauerung. Man legt den Wetterofen in die Nähe des ausziehenden Schachtes und verbindet ihn durch einen ansteigenden Kanal mit demselben; durch die Verbrennungsgase werden

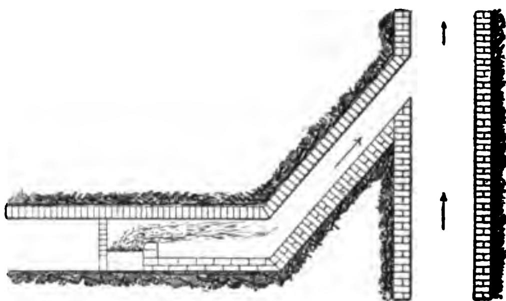


Fig. 208. Wetterofen unter Tage.

die Wetter im Schachte erwärmt. Soll die Wirkung des Wetterofens eine beträchtliche sein, so muß die Erhöhung der Temperatur des ausziehenden Wetterstromes so bedeutend sein, daß der Schacht nicht mehr befahren werden kann, dadurch wird er zum ausschließlichen Wetterschachte, und schon die Ausführung von etwaigen Ausbesserungen des Ausbaues ist mit Schwierigkeiten verknüpft. Derartige Wetterschächte werden daher in Mauerung ausgeführt und ohne Einbau belassen. Überdies sind da, wo Kohlenflöze oder bituminöse Schichten durchteuft werden, um den Schacht herum auf einige Meter die Massen zu gewinnen und die Räume durch Mauerung mit dazwischen gelegten Aschenschichten auszufüllen, da sonst Grubenbrand entstehen könnte.

Auf Schlagwettergruben müssen dem Wetterofen frische Wetter als Verbrennungsluft zugeführt werden, auch dürfen die Verbrennungsgase nur soweit abgekühlt in den ausziehenden Schacht gelangen, daß die Entzündung eines Schlagwettergemenges ausgeschlossen ist. Trotzdem ist die Anwendung eines Wetterofens für eine Schlagwettergrube bedenklich.

Wetteröfen haben fast nur auf Kohlenwerken Verwendung gefunden, da die Anlage billig und das zum

Betriebe nötige Brennmaterial an Ort und Stelle vorhanden ist, sie werden jedoch, wie schon erwähnt, immer mehr durch die Beschaffung von Ventilatoren verdrängt.

Auf Werken, auf denen unterirdische Dampfmaschinen im Betrieb sind, hat man in den ausziehenden Schacht auch Dampfstrahlapparate eingebaut. Der Dampf erwärmt die Wetter und wirkt, da er mit bedeutender Geschwindigkeit in der Richtung des Wetterstromes ausströmt, zu gleicher Zeit mechanisch beschleunigend. Die Anwendung von Dampfstrahlapparaten zur Wetterversorgung ganzer Gruben ist eine beschränkte, dagegen werden andere Strahlapparate (gepreßte Luft, Druckwasser) vielfach zur Bewetterung einzelner Betriebe mittels Lutten verwendet (vgl. S. 306).

Die Wettermaschinen (Ventilatoren).

Die Wettermaschinen verdünnen oder verdichten die Wetter, je nachdem sie saugend oder blasend wirken; im ersteren Falle erzeugen sie eine Depression (Druckverminderung), im zweiten Falle eine Compression (Druckvermehrung). Depression und Compression werden mit Hilfe eines Manometers (Druckmesser) in *mm* Wassersäule gemessen. Gewöhnlich wird durch die Wettermaschinen eine Druckveränderung von 30 bis 60 *mm* Wassersäule erzeugt, doch kann man bis 120 *mm* erreichen; dabei soll aber eine bedeutende Luftmenge, bis zu einigen Tausend *cbm* in der Minute, in Bewegung gesetzt werden. Allgemein ist für dieselben Verhältnisse die Depression dem Quadrate der Luftmenge proportional, d. h. zur Beschaffung der doppelten Luftmenge ist die vierfache Depression erforderlich. Einen Gegensatz zu den Wettermaschinen bilden die Luftpressen in der Art der Arbeitsleistung, da bei denselben die Druckveränderung eine sehr bedeutende, dagegen die gelieferte Luftmenge eine verhältnismäßig kleine ist.

Die Wettermaschinen werden über oder unter Tage in der Nähe des Schachtes aufgestellt und mit demselben

durch einen Kanal verbunden. Die Aufstellung über Tage und saugende Wirkung ist am häufigsten (Fig. 209); in diesem Falle ist die Hängebank des Schachtes wetterdicht zu verwahren, damit nur Luft aus der Grube angesaugt wird. Steht der ausziehende Schacht zu gleicher Zeit zur Förderung in Benutzung, so sind die Fördertrümer durch Schachtdeckel zu schließen, durch welche die Seile hindurchgehen. Nähert sich ein Fördergestell der Hängebank, so hebt es den Schachtdeckel ab; nach dem Aufsetzen auf die Aufsetzvorrichtung schließt der Gestellboden das betreffende Trum.

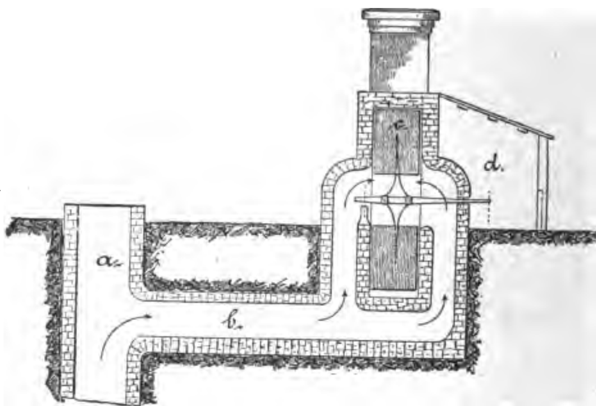


Fig. 209. Ventilatoranlage.
a Wetterschacht, b Ventilatorcanal, c Ventilator mit Einlaufkegel, d Maschinenraum.

Die Leistung einer Wettermaschine ist nicht nur von der aufgewendeten Betriebskraft abhängig, sondern auch von der Länge und dem Querschnitte der Wetterwege, sowie von den etwa vorhandenen Krümmungen. Gerade und weite Strecken, sowie kurze Wetterwege sind für Beschaffung großer Wettermengen am günstigsten. Die Betriebsmaschinen der Ventilatoren sollen so bemessen sein,

daß eine Reservekraft vorhanden ist, falls sich eine Vermehrung der Wettermenge nötig macht.

Die für die Ventilation einzelner Betriebe dienenden Wettermaschinen (gewöhnlich Handventilatoren) haben dieselbe Einrichtung, wie diejenigen, welche ganze Berggebäude mit Wettern versorgen, nur entsprechend kleinere Abmessungen.

Nach der Art der Wirkung teilt man die Ventilatoren in folgende Gruppen ein:

1. Centrifugalventilatoren,
2. Schraubenventilatoren,
3. Wetterräder,
4. Glockenmaschinen,
5. Kolbenmaschinen.

Von diesen werden die unter 1 und 2 genannten vorzugsweise zur Ventilation ganzer Gruben, die unter 3 und 4 aufgeführten zur Bewetterung einzelner Betriebe verwendet. Die Kolbenmaschinen haben nur versuchsweise zu Zwecken der Wetterversorgung gedient, sie arbeiten nach Art der doppeltwirkenden Pumpen mit anschließendem Kolben, indem sie gleichzeitig die Luft auf der einen Kolbenseite ansaugen und auf der anderen aus dem Cylinder hinausdrücken.

Die Centrifugalventilatoren.

Die Centrifugalventilatoren sind ähnlich den Centrifugalpumpen (vgl. S. 237) eingerichtet und beruhen auf denselben Gesetzen, doch haben sie sehr viel größere Abmessungen. Sie bestehen aus einem Flügelrade, welches in ein Gehäuse eingeschlossen ist, die Saugöffnungen befinden sich an der Drehachse. Nach der tangentialen Ausströmungsöffnung zu erweitert sich das Gehäuse spiralförmig (Rittinger, Guibal), oder der Ventilator wirft auf seinem ganzen Umfange die Luft aus, wie z. B. derjenige von Winter. Durch die schnelle Umdrehung des Flügelrades wird die zwischen den Flügeln befindliche Luft vermöge der Centrifugalkraft nach dem Um-

sauge getrieben und es entsteht an der Radaxe ein luftverdünnter Raum, in welchen durch die Saugöffnungen Luft nachströmt. Soll der Centrifugalventilator saugend wirken, so ist die centrale Öffnung des Gehäuses, soll er blasend wirken, die tangentiale Öffnung mit dem Wetterkanale zu verbinden. Man kann die Centrifugalventilatoren in zwei Gruppen teilen, nämlich in solche mit großen Flügelrädern und kleinerer Umlaufszahl und solche mit kleinen Flügelrädern und großer Umlaufszahl; der Betrieb erfolgt durch Dampfmaschinen von etwa 8 bis 20 Pferdestärken, die bei den ersteren mittels Kurbel an der Flügelradwelle unmittelbar angreifen, bei den letzteren dagegen mittels Riemenscheiben die Bewegung übertragen.

Der Ventilator von Rittinger hat rückwärts gekrümmte Flügel und das Gehäuse erweitert sich spiralförmig nach der tangentialen Ausströmungsöffnung hin. Man hat den Durchmesser bis 4·0 *m*, die Flügelbreite zu 0·5 *m* genommen und bei 80 Umdrehungen in der Min. und 40 *mm* Depression 500 *cbm* Luft angesaugt.

Der Ventilator von Guibal hat die größten Abmessungen, die an Ventilatoren vorkommen, erhalten, nämlich 14 *m* Durchmesser und 3 *m* Flügelbreite. Bei etwa 50 Umdrehungen in der Minute wurde eine Depression von etwa 50 *mm* erreicht und eine Luftmenge von 2400 *cbm* beschafft. Die Flügel sind gerade, jedoch excentrisch gestellt, das Gehäuse ist ebenso gebaut wie bei dem Rittinger-Ventilator.

Die Leistung der beiden genannten Ventilatoren kann erhöht werden, indem man dieselben mit einem Einströmungskegel versieht, der die Luft aus der Richtung der Achse in diejenige der Flügelstellung allmählich überführt; namentlich dann ist diese Einrichtung wichtig, wenn an beiden Seiten der Achse Saugkanäle anschließen (vgl. Fig. 209 S. 298). Ohne die beiden Einströmungskegel würden die beiden angesaugten Luftströme geradlinig aufeinander treffen und schädliche Wirbel erzeugt werden.

Der Ventilator von Winter besteht aus einer schmiedeeisernen Platte, welche die Mittelebene des Flügelrades bildet, links und rechts sind die gekrümmten Flügel angenietet. Das Gehäuse bilden nur zwei an die beiden Saugkanäle anschließende Seitenwände, der ganze Umfang ist offen. Das Flügelrad hat etwa 2·0 *m* Durchmesser bei 0·5 *m* Breite, die Zahl der Umdrehungen beträgt 500 in der Minute, und es wird bei einer Depression von 80 *mm* eine Luftmenge von 800 *cbm* beschafft.

Die Schraubenventilatoren.

Die Schraubenventilatoren haben windschief zur Achse gestellte Flügel, sie finden ihre Aufstellung in dem Saugkanale oder unmittelbar vor demselben und wirken je nach der Drehrichtung saugend oder blasend. Der Grundgedanke ist derselbe, wie bei der Schiffsschraube.

Am verbreitetsten ist der Schraubenventilator von Pelzer, der eigenartig gebogene Flügel hat und bei welchem die Centrifugalkraft mit zur Wirkung gelangt; der Durchmesser beträgt 2·0 bis 2·5 *m*, die Zahl der Umdrehungen 250—300 in der Minute, er saugt bei einer Depression von etwa 60 *mm* Wassersäule gegen 1000 *cbm* Luft an. Wartung und Einbau des Ventilators ist einfach, die Anlage verhältnismäßig billig.

Die Wetterräder.

Die Wetterräder sind aus zwei Rädern zusammengesetzt, welche z. T. in ein Gehäuse, an dessen Umfang der Saugkanal anschließt, eingebaut sind. Die beiden Räder drehen sich gegen einander, es wird zwischen ihnen und dem Gehäuse jedesmal eine bestimmte Luftmenge abgeschlossen und hinausgeworfen. Die Centrifugalkraft kommt ebenfalls mit zur Wirkung.

Das Fabry'sche Wetterrad ist zur Wetterversorgung ganzer Gruben benutzt worden. Zur Ventilation einzel-

ner Betriebe durch Lutten sind die Wetterräder von Root noch vielfach in Verwendung (Fig. 210). Die beiden Flügelräder sind mit parallelen Achsen in einem eisernen Gehäuse verlagert, welches eine Saug- und eine Blasöffnung hat; außerhalb des Gehäuses sitzen auf den Achsen zwei gleich große Stirnräder, die ineinandergreifen, so daß durch Antrieb einer Achse beide Flügelräder in Umdrehung versetzt werden. Die letzteren haben einen Durchmesser bis 0·9 *m*, bis 2·00 *m* Länge und machen bis 200 Umdrehungen in der Minute. Je nach der Drehrichtung der Räder wird durch die eine oder die andere Öffnung Luft angesaugt. Diese Wetterräder werden mit der Hand oder durch kleine Motoren betrieben.

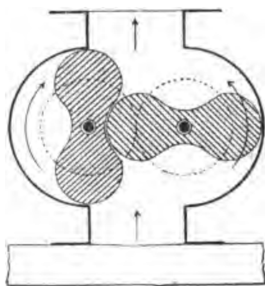


Fig. 210.
Wetterrad von Root.

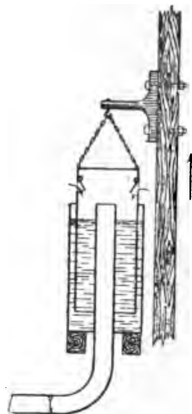


Fig. 211.
Blasender Harzer Wettersatz.

Glockenmaschinen.

Als Beispiel einer Glockenmaschine sei der Harzer Wettersatz beschrieben (Fig. 211); er wird durch eine Gestängemaschine mittels Krums bewegt und dient zur Ventilation vom Schachte entfernter Betriebe mittels Lutten. Der Hauptteil, eine Glocke, wird in einem z. T.

mit Wasser gefüllten Kasten auf- und ab bewegt. Durch den Boden des Wasserkastens ist eine Lutte bis über den Wasserspiegel geführt, in derselben befindet sich ein Klappenventil; am oberen Teile der Glocke sind zwei weitere Ventile angebracht. In der Fig. sind die Ventile für blasende Wirkung eingerichtet, doch kann der Wettersatz mit geringfügiger Abänderung auch saugend wirken. Beim Aufgange der Glocke wird Luft angesaugt, beim Niedergange durch die Lutte vor das Ort geschafft. Die Wirkung ist eine geringfügige.

Die Wetterführung.

Die durch die Wetterversorgung beschaffte Luftmenge soll durch die Wetterführung so geleitet und verteilt werden, daß an alle wetternötigen Punkte frische Wetter in ausreichender Menge gelangen. Sich selbst überlassen suchen die Wetter stets auf dem kürzesten Wege den ausziehenden Schacht zu erreichen, es muß denselben daher durch Absperren aller übrigen Strecken der Weg vorgeschrieben werden. Hierbei sind Verluste an frischen Wettern, die dadurch entstehen können, daß Wetter aus dem einziehenden Strome ohne die Arbeitspunkte zu bestreichen in den ausziehenden Wetterstrom gelangen, zu vermeiden, auch sind die Widerstände, welche sich dem Wetterstrome durch Verengungen der Streckenquerschnitte und scharfe Biegung der Wetterwege entgegenstellen, thunlichst zu beseitigen.

Sehr zu empfehlen ist die Teilung des Hauptwetterstromes in Teilströme für die verschiedenen Grubenabteilungen, Abbausohlen u. s. w. Es gelangen hierdurch die Wetter frischer vor die einzelnen Betriebspunkte, als wenn der volle Wetterstrom durch die ganze Grube geführt wird, und für Schlagwettergruben wird im besonderen der Vorteil erreicht, daß die Folgen einer etwa stattfindenden Explosion auf die von einem Teil-

strome bewetterten Baue beschränkt bleiben. Ferner ist es für Schlagwettergruben wichtig, daß die frischen Wetter bis zur tiefsten Sohle abwärts und dann durch die Baue stets steigend geführt werden, es wird hierdurch die Ansammlung von Schlagwettern an hoch gelegenen Punkten vermieden. Große Hohlräume, die durch den Abbau entstehen, sind durch Einbringen von Versatz auszufüllen, falls sich in ihnen böse Wetter ansammeln könnten.

Zur Führung der Wetterströme dienen in erster Linie die Grubenbaue selbst, dann Wetterthüren, Wettervorhänge, Wetterscheider, Lutten u. s. w. Nachdem die Teilströme die sämtlichen Betriebspunkte einer Grubenabteilung ventiliert haben, vereinigen sie sich in besonderen Wetterstrecken, in welchen sie zum ausziehenden Schachte geführt werden.

Die Wetterthüren, auch Wetterblenden genannt, sind aus zwei kreuzweise übereinander gelegten Brettlagen gefertigt, werden durch eiserne Bänder verstärkt und hängen in Rahmen, welche gegen die Stöße abgedichtet sind, sie dienen entweder zum vollständigen oder zum teilweisen Abschlusse einer Strecke; im ersteren Falle schließen sie dicht, im zweiten Falle sind sie mit Öffnungen versehen und bezwecken die Teilung eines Wetterstromes. Ein wetterdichter Abschluß einer Strecke ist nur dann zu erreichen, wenn mehrere Wetterthüren hintereinander so eingebaut sind, daß bei der Fahrung und Förderung stets eine geschlossen bleibt, außerdem müssen die Wetterthüren selbstschließend sein oder bewacht werden. Das selbstthätige Schließen kann durch Schräghängen in den Angeln, oder durch Anbringen von Gewichten oder Federn bewirkt werden. In Förderstrecken sind die Wetterthüren mit Vorrichtungen zu versehen (Zugseil), welche dem Hundestößer ein bequemes Öffnen ermöglichen; werden die Thüren nach der einen Richtung durch das Fördergefäß selbst aufgestoßen, so können zur Schonung der Thüren in entsprechender Höhe federnde

Stahlbügel angebracht werden. Wettervorhänge vertreten die Stelle teilweise schließender Wetterthüren, sie bestehen aus geteertem Segeltuch, nützen sich zwar schnell ab, können aber auch sehr schnell angebracht werden. Zweigt sich von einer Strecke eine andere ab, wobei scharfe Biegungen zu vermeiden sind, so kann die Stärke der Wetterströme, die in jede Strecke eintreten, durch die Streckenquerschnitte wesentlich beeinflußt werden.

Separatventilation oder Sonder-Wetterführung.

Diejenigen Betriebspunkte, welche nicht von einem Wetterstrome bestrichen werden und so weit von einem solchen entfernt liegen, daß der durch Diffusion erzeugte Wetterwechsel nicht zureicht, sind mittels besonderer Hilfsmittel, die man unter dem Namen Separatventilation zusammenfaßt, mit frischen Wettern zu versorgen. Dieser Fall tritt z. B. bei Überhauen und Abteufen, bei Steig- und Fallörtern ein, ferner bei Strecken, welche zur Untersuchung sehr weit in frisches Feld vorgetrieben werden. Im Kohlenbergbau werden zur Vorrichtung für den Pfeilerbau die Grundstrecken bis an die Feldgrenzen aufgefahren, in diesem Falle treibt man, sofern der Betrieb in Kohle stattfinden kann, statt einer Strecke zwei (sogen. Parallelstrecken), und verbindet dieselben von Zeit zu Zeit durch einen Wetterdurchhieb, während die früheren wetterdicht geschlossen werden. Die Wetter ziehen auf der einen Strecke vor, dann durch den Wetterdurchhieb und auf der anderen Strecke zurück. Von dem Wetterdurchhiebe aus gelangen die frischen Wetter durch Diffusion oder durch Lutten (vgl. weiter unten) vor die beiden Ortstriebe.

Ein anderes Verfahren besteht darin, daß man die Strecke durch einen Wetterscheider gewissermaßen in Parallelstrecken zerlegt, die nur vor Ort miteinander in Verbindung stehen. Bei eintrümigen Strecken schließt man

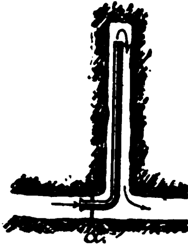
das Tragewerk durch Aufnageln von Brettern auf die Stege, die frischen Wetter führt man über dem geschlossenen Tragewerke bis vor Ort, und die verbrauchten Wetter ziehen unter dem Tragewerke ab. Bei zweitrümigen Strecken stellt man den Wetterscheider etwa in das Streckenmittel; sind Mittelstempel vorhanden, so kann der Wetterscheider durch Annageln von Schwarten an dieselben und Verstreichen der Fugen mit Letten hergestellt werden, auch kann man, wenn es sich nur um kleinere Längen handelt, Segeltuch hängen und den unteren Saum durch aufgelegte Wände beschweren. Auf größere Längen läßt Segeltuch zu viel Wetter hindurch, man mauert dann wohl den Wetterscheider 1/4 Stein stark zwischen aufgestellten Holzsäulen. Beim Auffahren von Strecken auf schwachen Flözen hält man die Strecke breit (Fig. 70 S. 101) und stellt den Wetterscheider aus den beim Nachstrossen der Förderstrecke fallenden Bergen her, es ist zweckmäßig, den Bergeversatz mindestens auf einer Seite gut zu verletten, um Wetterverluste zu vermeiden.

Auf ähnliche Weise kann man einen Schacht, der zu gleicher Zeit zum Ein- und Ausziehen der Wetter dienen soll, durch einen Schachtscheider in zwei wetterdicht getrennte Räume teilen.

In neuerer Zeit werden die Wetterscheider vielfach durch Lutten ersetzt, das sind Rohrstränge von 0·15 bis 0·3 *m* lichter Weite, die entweder mit quadratischem Querschnitte aus gehobelten Brettern oder mit rundem Querschnitte aus Eisen- oder Zinkblech, in trockenen Bauen auch aus starken Holzpappen hergestellt werden. Die Verbindung erfolgt bei den Holzlutten entweder durch Einschnäuzen oder durch eine Art Muffe, die aus Brettstücken hergestellt werden, bei den Lutten von kreisförmigem Querschnitte durch Ineinanderstecken der einzelnen, schwach konisch gehaltenen Längen; die Fugen sind gut zu verstreichen. An Bruchpunkten baut man gekrümmte Rohrstücke ein (Krümmer), um die Widerstände möglichst zu verringern.

Lutten können saugend oder blasend wirken und zwar entweder durch den Wetterzug allein, d. h. natürlich, oder künstlich, indem die Bewegung der Wetter in den Lutten durch besondere Hilfsmittel erreicht wird.

Natürlich saugende oder blasende Lutten werden durch eine Wetterthür hindurchgeführt und die Wetter so gezwungen, z. T. durch die Lutten zu strömen. Die



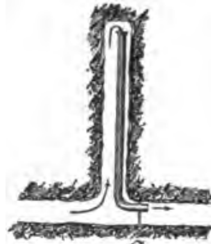


Fig. 212. Natürlich blasende Lutten. Fig. 213. Natürlich saugende Lutten.
a Wetterthüren.

Eintrittsöffnung wird konisch erweitert (Fig. 212 und 213).

Um die Wetterbewegung durch die Lutten künstlich zu erzeugen, können Strahlapparate einfachster Form angewendet werden. Man läßt aus einer Rohrleitung, die etwa 0·5 *m* in das eine Ende der Lutten hineinreicht, durch ein Mundstück mit feiner Öffnung Preßluft oder Druckwasser ausströmen, hierdurch wird die vor der Luttenöffnung befindliche Grubenluft mit fortgerissen. Für den Abfluß des Spritzwassers aus den Lutten ist durch entsprechende Lage der Lutten, unter Umständen durch Anbringen eines Abflußstutzens, zu sorgen. Stärker als ein einfacher Wasserstrahl wirken die S. 277 erwähnten Victoria-Ventilatoren, durch dieselben wird zu gleicher Zeit die Grubenluft angefeuchtet. Entlegene Betriebspunkte mit sehr langen Luttensträngen ventiliert man durch Handventilatoren, oder man führt die Druckleitung bis zur halben Länge

des Luttenstranges fort und schaltet in diesen ein zweites Mundstück ein, um die Luftbewegung zu verstärken.

Die Wirkung saugender und blasender Lutten ist wesentlich verschieden. Bei saugenden Lutten werden zwar vor dem Orte die verbrauchten Wetter (Sprenggase, aus der Kohle entwickeltes Grubengas) unmittelbar entfernt, aber die frischen Wetter rücken nur allmählich auf der Strecke bis zum Orte vor und werden auf ihrem Wege unter Umständen erwärmt, oder in anderer Weise verschlechtert. Bei blasenden Lutten treten die frischen Wetter vor Ort aus, gelangen also unmittelbar zur Belegschaft, während die verbrauchten Wetter nach und nach auf der Strecke fortgedrängt werden. Will z. B. die Belegschaft nach dem Schießen wieder vor das Ort fahren, so findet sie in beiden Fällen vor Ort frische Wetter, muß aber bei blasenden Lutten durch den Pulverdampf hindurch. Künstlich saugende Lutten werden daher zweckmäßig angewendet, wenn man von einem Orte böse Wetter unmittelbar in den abziehenden Wetterstrom führen will; in allen anderen Fällen bedient man sich der blasenden Lutten.

Kommen Wetterkreuzungen vor, so kann ein Wetterstrom durch den andern mittels starker Lutten hindurchgeführt werden, oder die eine Wetterstrecke wird über die andere hinweggeführt.

Grubenbrand.

Grubenbrände entstehen dadurch, daß die Zimmerung oder die Lagerstätte selbst in Brand gerät.

Die Zimmerungsbrände entstehen durch Unvorsichtigkeit, wohl äußerst selten durch Böswilligkeit. Feuerungsanlagen, wie Feuerkörbe und Wetteröfen, können leicht zu Zimmerungsbränden Veranlassung geben und sind daher sorgfältig zu überwachen. Entzündung der Schachtzimmerung kommt gar nicht so selten vor; wenn der Brand zeitig genug bemerkt wird, kann er

durch Ablöschen und Verhinderung des Luftzutrittes unterdrückt werden.

Die eigentlichen Grubenbrände entstehen selten durch Schlagwetterexplosionen, bei weitem in den meisten Fällen durch Selbstentzündung. Schwefelkiese, bituminöse Schiefer und manche Kohlen nehmen in Berührung mit der Luft Sauerstoff auf und erwärmen sich dadurch allmählich, bis endlich wirklicher Grubenbrand ausbricht.

Ein beginnender Grubenbrand giebt sich durch Erwärmung der Wetter und durch das Auftreten von Brandgasen zu erkennen. Hangende unreine Kohlenschichten, die nicht abgebaut werden, aber beim Zubruchegehen der Abbaue mit hereinbrechen, und in den Abbauen zurückbleibende Klarkohle sind oft die Veranlassung zu Grubenbrand, ebenso Rußklüfte im Flöze, die mit Staubkohle erfüllt sind.

Bei den geringsten Anzeichen von Grubenbrand ist sofort mit aller Thatkraft einzuschreiten, um denselben unschädlich zu machen. Der Zutritt frischer Wetter ist thunlichst zu beschränken, die erhitzten Massen sind mit Wasser mittels Handspritzen abzulöschen, herauszureißen und zu Tage zu schaffen. Greift der Grubenbrand weiter um sich, so kann derselbe durch wetterdichte Absperrung sämtlicher zuführender Strecken und später folgendes sehr reichliches Bewässern gelöscht werden, doch ist es zweckmäßig, die Absperrung des Brandfeldes längere Zeit hindurch zu belassen, ehe der Betrieb wieder aufgenommen wird. Die Absperrung der Strecken erfolgt durch Branddämme (Querdämme), die zweckmäßig aus starken Bergemauern mit Sand und Lehm als Bindemittel, oder auch aus Ziegeln hergestellt werden; Bergemauern werden allmählich vom Gebirgsdrucke zusammengedrückt und schließen dadurch dicht ab, während Ziegelmauern porös sind und vom Gebirgsdrucke zerdrückt werden können, auch sind die letzteren teurer. Bei ausgedehnteren Grubenbränden genügt zur Bewältigung die

Absperrung der Strecken nicht, vielmehr ist das Brandfeld mit Strecken zu umfahren und in diesen sind Dämme an den Stößen entlang herzustellen, so daß das Brandfeld allseitig abgeschlossen wird. Die vorhandenen Branddämme sind sorgfältig zu überwachen. In Gruben, in denen die Kohle zur Selbstentzündung neigt, ist es sehr zweckmäßig, die Herstellung der Branddämme dadurch zu erleichtern, daß die Dammstellen vorbereitet und das Material zu den Dämmen in der Nähe vorrätig gehalten wird. Um Grubenbrand durch reichliche Zufuhr von Wasser ersticken zu können, hat man an den Füllörtern eigene Pumpen aufgestellt, die das Wasser aus dem Schachtsumpfe, bezw. aus den Pumpensätzen entnehmen und in Rohrleitungen, die mit Stutzen zum Anschrauben von Schläuchen mit Mundstücken versehen sind, den Abbaufeldern zuführen.

Nicht immer gelingt es, ein Brandfeld abzuschließen und das Weitergreifen des Brandes zu verhüten, es können sich so eine größere Zahl von Branddämmen nötig machen, die naturgemäß dem Schachte immer näher rücken; ja das weitere Umsichgreifen des Grubenbrandes kann zum zeitweiligen Verlassen der Grube zwingen. Als letzte Mittel sind dann noch wetterdichter Abschluß aller Zugänge und schließlich Unterwassersetzen der Grube anwendbar.

Bei der großen Gefahr, die ein Grubenbrand mit sich bringen kann, ist es sehr wichtig, der Entstehung thunlichst vorzubeugen und den ganzen Betrieb so einzurichten, daß ein Abschluß des Brandfeldes sich schnell und sicher bewirken läßt. Vor allen Dingen ist rein abzubauen und auch die Klarkohle aus den Grubenbauen zu entfernen, hangende unreine Kohlenschichten sind möglichst mit abzubauen. Das Einbringen von klaren Versatzbergen in die Abbaue vor deren Zubruchegehen befördert das luftdichte Zusammengehen derselben. Es ist zweckmäßig, bei der Vorrichtung nur wenige Strecken zu treiben, und die einzelnen Abbaufelder durch Stehenlassen

von starken Pfeilern zu trennen, die erst gewonnen werden, nachdem der Abbau beider Felder beendet ist. Zuweilen bieten Verwerfungen ein natürliches Mittel zur Trennung der Abbaufelder. Rußklüfte in der Kohle sind wetterdicht zu verstreichen, Abbau in mehreren Abteilungen ist zu vermeiden, wenn Brandgefahr vorhanden ist.

Fahrung in bösen Wettern.

Die Fahrung in bösen Wettern kann nur durch künstliche Beschaffung frischer Wetter zur Atmung, und unter Umständen für das Geleucht, ermöglicht werden. Dies kann geschehen durch Gesichtsmasken, durch Schlauch- und Tornisterapparate. Die Fahrung in bösen Wettern ist sehr wichtig, um nach einer Schlagwetterexplosion Verunglückten Hilfe zu bringen, um Vorkehrungen zu ergreifen, damit der Wetterwechsel wiederhergestellt wird und um in diejenigen Baue und zu den dort befindlichen Arbeitern zu gelangen, die zwar von der Explosion nicht betroffen, aber durch Ansammlung böser Wetter (Nachschwaden) von der Verbindung mit dem Schachte abgeschlossen wurden.

Die Gesichtsmasken bedecken Mund und Nase und haben röhrenförmige Fortsetzungen, in denen Chemikalien vorhanden sind, welche die Eigenschaft besitzen, Kohlensäure und Kohlenoxydgas zu binden (absorbieren). Ferner sind Filter aus Faserstoffen angebracht, die Staub und Rauch zurückhalten sollen, so daß die eingeatmete Luft gereinigt wird. Voraussetzung für die Benützung der Gesichtsmasken ist, daß die Wetter noch eine genügende Menge Sauerstoff enthalten. Ist das nicht der Fall, so muß dem in den bösen Wettern Fahrenden gute Luft zugeführt werden, was entweder durch die Schlauch- oder Tornisterapparate geschieht.

Die Schlauchapparate sind den beim Tauchen unter Wasser gebräuchlichen Apparaten ähnlich, die S. 274 beschrieben wurden, doch kann der wasserdichte

Anzug in Fortfall kommen. Die Bewegung des Fahrenden ist durch das Nachziehen des Schlauches gehemmt, so daß das Eindringen in die nicht atembaren Wetter nur auf kurze Entfernung möglich ist.

Die Tornisterapparate tragen ihren Namen von dem tornisterähnlichen Behälter, in dem der Fahrende die zur Atmung erforderliche Luft in gepreßtem Zustande mit sich führt, auch die Lampe wird mit dieser Luft gespeist. Der Fahrende ist hierdurch völlig unabhängig, kann sich ziemlich ungehindert bewegen und bei einiger Übung mehrere Stunden in den bösen Wettern verweilen. Am bekanntesten von derartigen Vorrichtungen ist wohl diejenige von Rouquayrol-Denayrouze geworden. Eine sehr ausführliche Beschreibung giebt z. B. Serlo in der vierten Auflage des Leitfadens der Bergbaukunde II. Bd., S. 477 ff.

In der gepreßten Luft der Tornisterapparate wurde gewissermaßen als Ballast der Stickstoff mitgeführt, welcher fast $\frac{4}{5}$ der atmosphärischen Luft ausmacht. Der Apparat von Fleuß *) ist so eingerichtet, daß in einem Gummibeutel eine kleine Menge atmosphärischer Luft, in dem Tornister dagegen Sauerstoff mitgeführt wird, die ausgeatmete Luft geht durch eine Filtervorrichtung, wird von dem Feuchtigkeitsgehalte und der Kohlensäure befreit und dient nach Hinzufügung der nötigen Menge Sauerstoff wiederum zum Atmen. Mit dem Fleuß-Apparate ist ein längeres Verweilen in irrespirablen Gasen möglich, als mit denjenigen Apparaten, die mit Luft gefüllt werden.

---

*) Kreischer, Jahrbuch f. d. Bg. und H. W. im Kgr. Sachsen 1886 S. 47.

X. Die Aufbereitung.

Einleitung.

Der Zweck der Aufbereitung ist die Trennung der Gemengteile des geförderten Haufwerkes, z. B. der Erze von den Gangarten und der Erze untereinander, der Kohle von den Schiefern. Je nach dem Vorkommen der Mineralien (derb, durchwachsen, grob oder fein eingesprengt) und dem Werte derselben ist das Verfahren bei der Aufbereitung abweichend; je wertvoller das Gut ist, desto eher wird man sich entschließen, teurere Verfahren zur Aufbereitung in Anwendung zu bringen. Der wesentliche Unterschied zwischen Erz- und Kohlenaufbereitung liegt darin, daß die Erze schwerer, die Kohlen leichter als die Berge sind.

Die Aufbereitung zerfällt in zwei Hauptteile, in die trockene und die nasse Aufbereitung; mit beiden geht die Zerkleinerung des Haufwerkes Hand in Hand.

Die trockene Aufbereitung verarbeitet gewöhnlich den wertvolleren Teil des Fördergutes und bewirkt die Trennung der Gemengteile durch Zerkleinerung der größeren Stücke (Wände) mittels geeigneter Hämmer (Scheiden, Scheideeisen) und durch Auslesen (Klauben) der bereits zerkleinerten Stücke, wenn nötig nach vorherigem Abwaschen (Abläutern) derselben. Auch rechnet man zur trockenen Aufbereitung die Trennung der geförderten Massen auf Sieben nach Korngrößen für den Verkauf namentlich im Kohlenbergbau. (Stück-, Würfel-, Nuß-, Knörpel- und Klarkohlen.)

Der nassen Aufbereitung werden die ärmeren und die durch die Gewinnung bereits zerkleinerten Massen (das Grubenklein) überwiesen, sie bedient sich als wesentlichen Hilfsmittels des Wassers und bewirkt die Trennung der Gemengteile dadurch, daß zwei wesentlich verschiedene Verfahren nacheinander zur Anwendung kommen,

nämlich die Trennung nach der Korngröße oder das Klassieren, und die Trennung nach der Gleichfälligkeit, oder das Sortieren.

In seltenen Fällen werden auch chemische Processe, z. B. das Rösten (Brennen) der Erze und die Behandlung mit Säuren (Auslaugen), zu Hilfe genommen, so in der Zinnerzaufbereitung zur Trennung von Zinnerz, Arsenikalkies und gediegen Wismut.

Verluste an nutzbaren Mineralien sind bei der Aufbereitung nicht ganz zu vermeiden, denn es bleiben in den Waschbergen haltige Teilchen zurück, deren Gewinnung mehr Kosten verursachen würde, als ihr Wert beträgt, auch läßt sich nicht verhindern, daß einzelne Erzteilchen so fein zerkleinert werden, daß sie als Staub verloren gehen oder vom Wasser als Schlamm fortgeschwemmt werden.

Grundsätze der Aufbereitung.

a) **Sonderung des Gutes nach der Verschiedenartigkeit der Zusammensetzung.** Eine Trennung der Massen, bevor sie der Aufbereitung übergeben werden, ist desto wichtiger, je verschiedener die einzelnen Bestandteile sind. Oft findet schon bei der Gewinnung in der Grube eine derartige Trennung statt; so werden zuweilen Stückkohlen und Klarkohlen besonders gefördert, auf Erzgruben hält man die Derberze aus, trennt auch wohl die übrigen Massen in reichere und ärmere. Im letzteren Falle werden dann die drei getrennten Erzposten auch verschiedenen Arbeiten in der Aufbereitung zugewiesen, die Derberze der Scheidearbeit, die reicheren Massen dem Setzprozeß, die ärmeren dem Verwaschen auf Herden.

Auf manchen Zwickauer Gruben wird die Pechkohle und die Rußkohle wegen ihrer verschiedenen technischen Verwendung getrennt aufbereitet. In der

Himmelfahrter neuen Aufbereitung zu Freiberg i. Sachs.*) werden die schwefelkiesigen, blendigen und arsenkiesigen Erze ebenfalls für sich aufbereitet. Eine derartige Trennung vereinfacht das Aufbereitungsverfahren und erhöht den Wert der Erzeugnisse. Edle Erze sind thunlichst der nassen Aufbereitung zu entziehen, so werden namentlich Rothgültigerze und Silber-Fahlerze, auch wenn sie sehr fein eingesprengt sind, der Scheidearbeit überwiesen.

b) **Die Zerkleinerung** bezweckt entweder lediglich die Überführung der Aufbereitungsproducte in Mehlform zum Zwecke der Lieferung an die Hütten (Trockenpochwerke, Mühlen), sie steht in diesem Falle nur in losem Zusammenhange mit der Aufbereitung, oder man erstrebt die Aufschließung des Haufwerkes, das ist eine derartige Zerkleinerung durchwachsener Massen, daß jedes Körnchen möglichst nur noch aus einem einzigen Minerale besteht. Dieses ideale Ziel wird jedoch nur selten erreicht, zumal es zweckmäßig ist, die Zerkleinerung nur allmählich weiter zu treiben; d. h. man zerkleinert die Massen zunächst nur bis zu einer bestimmten Korngröße, dann sucht man die Massen zu trennen in reine Producte, durchwachsene Körner und taube Körner (Berge). Die reinen Producte, z. B. Kohlen, Bleiglanz, können geliefert werden, die tauben Körner werden auf die Wäschhalde gestürzt. Es werden mithin diese beiden Producte dem weiteren Aufbereitungsprocesse entzogen, nur die durchwachsenen Körner (Zwischenproducte) sind weiter zu zerkleinern, darauf wird mit denselben eine abermalige Trennung vorgenommen u. s. w. Es ist hier der einfache Fall angenommen, daß nur ein verwertbares Mineral vorhanden ist. Sind deren mehrere zu gewinnen, so hat häufig auch noch eine

*) Jahrbuch f. d. Berg- und Hüttenwesen im Kgr. Sachsen auf das Jahr 1890. O. Bilharz, die neue Central-Aufbereitungswerkstätte der Grube Himmelfahrt.

Trennung der verschiedenen reinen Körner von einander, z. B. Bleiglanz und Galmei, stattzufinden.

Die Zerkleinerung als Vorbereitung zur nassen Aufbereitung geschieht vornehmlich durch Steinbrecher, Walzwerke und durch Naßpochwerke.

c) **Die nasse Aufbereitung** der Massen geschieht, wie oben bereits erwähnt, durch das Klassieren (Trennen nach der Korngröße) und das Sortieren (Trennen nach der Gleichfälligkeit); erst beide Verfahren nach einander angewendet können reine Producte ergeben.

Die größeren Körner, bis zu 2 und selbst 1·5 *mm* herab, klassiert man zunächst auf Sieben und sortiert sie dann auf Grobkornsetzmaschinen; die kleineren Körner, Sande, Mehle und Schlämme, sortiert man zunächst in der Mehlführung oder in Spitzkästen und klassiert sie dann auf Herden. Über die Weiterverarbeitung der Sande auf den Feinkornsetzmaschinen vgl. S. 318.

Zur **Klassierung** gelangen die Massen auf die Siebe oder Rätter unmittelbar nach jeder Zerkleinerung, gewöhnlich unter Zufluß von Wasser zum Abläutern; um mehrere Korngrößen herzustellen, gehen die Körner nacheinander über mehrere Siebe. Die so hergestellten Korngrößen (Klassen) bestehen aus angenähert gleich großen Körnern von verschiedenem spec. Gewicht, sie werden weiter auf Setzmaschinen nach dem spec. Gewichte getrennt, d. h. sortiert. Zu diesem Zwecke müssen die Lochweiten der Siebe in einem gewissen Verhältnisse zueinander stehen, ihre Aufeinanderfolge nennt man Siebfolge oder Siebskala. Die Lochdurchmesser der Siebe bilden eine geometrische Reihe; den Factor, mit welchem man die Maschenweite eines Siebes zu multiplicieren hat, um die Maschenweite des nächst größeren Siebes zu erhalten, nennt man den Coefficienten der Siebskala. Theoretisch ist derselbe abhängig einmal von dem spec. Gewichte der zu trennenden Gemengteile, und dann von dem Umstande,

daß sich auf Setzmaschinen (vgl. S. 318) gleichfällige Körner gerade noch trennen lassen. Da jedoch im practischen Falle außer ganz aufgeschlossenen Körnern auch noch viel durchwachsene vorkommen und deshalb durch einmaligen Setzprozeß nur zum kleinsten Teile reine Producte, zum größeren Teile angereicherte Zwischenproducte erzeugt werden, so ist es nötig, den berechneten Coefficienten der Siebfolge nach dem praktischen Bedürfnisse etwas abzuändern. Bei der Aufbereitung der Erze der Freiberger kiesigen Bleiformation nimmt man denselben zu 1·25 bis 1·3, bei der Kohlenaufbereitung, auch mit Rücksicht auf richtige Abstufung in den Verkaufsgrößen, zu etwa 1·5 an.

Das Klassieren der Sande und Mehle (Körner unter 1·5 *mm* Durchmesser) findet auf Herden statt, nachdem eine Sortierung, d. h. Trennung nach der Gleichfälligkeit in der Mehlführung u. s. w. (vgl. S. 319), vorhergegangen ist. Eine gleichfällige Sorte besteht aus großen, aber spec. leichten, und aus kleinen, aber spec. schweren Körnern, diese werden mit Wasser zur Trübe angemengt und dann in einem sehr dünnen Wasserstrome über die geneigte, im allgemeinen ebene, doch etwas rauhe Herdfläche geleitet, hierbei rollen die einzelnen Körnchen im Wasserstrome.

In der dünnen Wasserschicht ist die Geschwindigkeit nahe der Herdfläche infolge der Adhäsion am geringsten, an der Oberfläche am bedeutendsten. Die kleinen und schweren Körner befinden sich daher gewissermaßen in einem Wasserstrome von geringerer Geschwindigkeit und lagern sich daher am oberen Teile der Herdfläche, der Stirn, ab, die etwas größeren und leichteren Körnchen ragen bis in die oberen rascher strömenden Wasserschichten hinauf und werden bis zur Herdmitte mit fortgenommen, die größten Körner endlich kommen auf dem Herde nicht mehr zur Ablagerung und werden vom Wasser in die Herdflut mit fortgeführt; durch die Herdarbeit wird die Aufbereitung der Mehle zu Ende geführt.

Das Sortieren ist die Trennung der Körner nach der Gleichfälligkeit. Körner von verschiedenem Durchmesser und verschiedenem specifischen Gewicht, welche im ruhenden Wasser mit gleicher Geschwindigkeit fallen, nennt man gleichfällige Körner. Das Gesetz für die Gleichfälligkeit im Wasser lautet: „die Durchmesser gleichfälliger Körner verhalten sich umgekehrt, wie die um 1 verminderten spec. Gewichte". Sind d_1 und d_2 die Durchmesser zweier im Wasser gleichfälliger Körner und G_1 und G_2 ihre spec. Gewichte, so gilt die Proportion:

$$d_1 : d_2 = G_2 - 1 : G_1 - 1.$$

Nach dem archimedischen Prinzip kommen bei der Gleichfälligkeit im Wasser die um 1 verminderten spec. Gewichte, nicht diese selbst in Betracht.

Wird z. B. das spec. Gewicht des Bleiglanzes zu 7·5, dasjenige des Quarzes zu 2·6 angenommen, so ergiebt sich aus der Proportion

$$1 : x = 1{\cdot}6 : 6{\cdot}5,$$

daß ein Bleiglanzkorn von 1 *mm* Durchmesser und ein Quarzkorn von 4·1 *mm* Durchmesser gleichfällig sind. In einer gleichfälligen Sorte finden sich also kleine, aber spec. schwere, und große, aber spec. leichte Körner gemengt. Die gleichfälligen Sorten werden nach ihrer Fallgeschwindigkeit eingeteilt.

Bezüglich gleichfälliger Körner ist noch zu merken, daß dieselben zwar nach Verlauf mehrerer Zehntel-Sekunden im Wasser gleich schnell fallen, daß jedoch im Anfange der Bewegung das kleinere, specifisch schwerere Korn dem größeren, specifisch leichteren voraneilt. Hierauf beruht das Setzen gleichfälliger Körner auf den Feinkornsetzmaschinen mit Bett mittels kleiner Hübe bei großer Zahl derselben (S. 334).

Die folgende Zusammenstellung giebt die mittleren specifischen Gewichte derjenigen Mineralien, die am häufigsten den Arbeiten der nassen Aufbereitung unterzogen werden.

Silberhaltiges Gold	15·0 bis 19 0	Schwerspat	4·5
Quecksilber	13·6	Kupferkies	4·2
Bleiglanz	7·5	Zinkblende	4·0
Zinnerz	7·0	Flußspat	3·0
Arsenkies	6·0	Kalkspat	2·7
Eisenkies	5·0	Quarz	2 6
Fahlerze	5·0	Steinkohle	1·2 bis 1·5.

Die specifischen Gewichte der meisten Gesteine schwanken zwischen 2·4 und 3·0.

In der nassen Aufbereitung wird zur Bildung gleichfälliger Sorten nicht nur das ruhende Wasser (Setzmaschinen), sondern auch der wagrechte Wasserstrom (Mehlführung) und auch der aufsteigende Wasserstrom (Stromapparate) angewendet.

Die Sortierung größerer Körner, die bereits klassiert sind, d. h. denselben Durchmesser haben, findet bis zu 1·5 *mm* Korngröße abwärts auf Setzmaschinen statt (vgl. S. 331), sie beruht auf folgenden Vorgängen: Von gleich großen Körnern von verschiedenem specifischen Gewicht fallen im ruhenden Wasser die specifisch schwereren schneller nieder, als die spec. leichten. Es werden nun die gleich großen Körner auf den Setzmaschinen wiederholt in die Höhe gehoben, sie fallen dann im ruhenden Wasser durch kleine Höhen nieder. Hierdurch trennen sich die Körner nach dem spec. Gewichte und bilden wagrechte Lagen, und zwar so, daß die schwersten Körner, das reine Erz, in der untersten Lage liegen, dann folgen die durchwachsenen Körner und in den oberen Schichten sammeln sich die Berge. Werden dann die Körner lagenweise abgehoben, so ist die Trennung beendet, sofern nicht bei den durchwachsenen eine weitere Zerkleinerung zu erfolgen hat.

Die Sortierung der Mehle und Schlämme ist auf Setzmaschinen nicht thunlich, weil die Adhäsion der kleinen Körnchen zu groß ist, man verwendet daher den horizontalen Wasserstrom in einem tiefen Gerinne

(z. B. in der Mehlführung) zur Sortierung. Jedes Körnchen beschreibt bei dem Falle im fließenden Wasser eine flache Parabel, da zu gleicher Zeit zwei Kräfte, der horizontale Stoß des Wassers und die Schwerkraft, darauf einwirken. Gleichfällige Körnchen fallen nun in einem derartigen Gerinne an derselben Stelle zu Boden, und es können die verschiedenen Sorten von Zeit zu Zeit ausgeschlagen, angesammelt und der weiteren Verarbeitung auf Herden zugewiesen werden. Bei den Sanden, Mehlen und Schlämmen geht also die Sortierung der Klassierung voran.

Gleichfällige Körner erfordern einen aufsteigenden Wasserstrom von bestimmter Geschwindigkeit, um in der Schwebe erhalten zu werden. Uebergiebt man einem aufsteigenden Wasserstrome ein Gemenge von Körnern, so fällt eine bestimmte gleichfällige Sorte darin nieder, während sämtliche Körnchen, welche, um in der Schwebe erhalten zu werden, nur eine geringere Geschwindigkeit bedürfen, mit fortgeführt werden. Auf diese Art und Weise werden gleichfällige Sorten in den Stromapparaten hergestellt, indem bei Anwendung verschiedener Stromgeschwindigkeiten nacheinander jedesmal eine Sorte niederfällt.

Die folgende Zusammenstellung giebt nach Rittinger eine Anzahl von Stromgeschwindigkeiten an, bei welchen runde Körnchen von 1 *mm* Durchmesser gerade in der Schwebe erhalten werden.

Bleiglanz,	sp. G. 7·5,	bei 0·41 *m*	Stromgeschwindigkeit,
Schwefelkies,	„ „ 5·0,	„ 0·32 „	„ „
Quarz,	„ „ 2·6,	„ 0·20 „	„ „
Steinkohle,	„ „ 1·3,	„ 0·08 „	„ „

d) Für das zweckmäßige **Ineinandergreifen der verschiedenen Arbeiten** in der Aufbereitung, zur Ersparung von Löhnen beim Betriebe und von Raum bei der ganzen Anlage, ist es ungemein wichtig, soweit thunlich ununterbrochen (continuierlich) wirkende

Maschinen anzuwenden, also z. B. Setzmaschinen mit selbstthätiger Austragevorrichtung, Spitzkästen, Leerherde u. s. w. Hierzu bilden die Maschinen einen Gegensatz, welche mit Unterbrechung (discontinuierlich) arbeiten, d. h. nach Verarbeitung einer gewissen Menge Gut außer Betrieb gesetzt und entleert werden müssen, z. B. die Stauchsieb-Setzmaschinen, die Mehlführung, die Vollherde.

Auch die gegenseitige Anordnung der einzelnen Maschinen ist von großer Wichtigkeit, da hiervon die Leichtigkeit des Transportes der Zwischenproducte abhängt. Im allgemeinen werden die verschiedenen Aufbereitungsmaschinen in mehreren Stockwerken übereinander aufgestellt.

Die Förderung zwischen den einzelnen Aufbereitungsmaschinen findet zum größten Teile durch Maschinenkräfte statt. Bei der Beförderung abwärts in Lutten genügt die Schwere der Massen; bei dem Fortschaffen geneigt abwärts in Gerinnen wird das Wasser mit zu Hilfe genommen. Horizontal fördert man mittels Transportbänder und Transportschrauben oder -schnecken. Die Aufwärtsbeförderung wird bei großen Höhen durch Aufzüge, Schöpf- oder Paternosterwerke bewirkt, für geringere Höhen gelangen Heberäder zur Verwendung. Trübe kann mittels Centrifugalpumpen gehoben werden.

Heizung der Räume ist für ungestörte Fortsetzung der Arbeiten der nassen Aufbereitung während des Winters Erfordernis.

Der gute Gang nnd die Ergebnisse der Aufbereitung sind durch stetes Verwiegen des Roherzes und der Producte, sowie durch Probieren (Bestimmung des Metallinhaltes) aller Erzeugnisse, einschließlich der Abgänge, fortlaufend zu beaufsichtigen.

Die Aufbereitungsmaschinen.

Maschinen zur Zerkleinerung.

In der nassen Aufbereitung werden zur Zerkleinerung der Massen namentlich der Steinbrecher, das Walzwerk und das Naßpochwerk gebraucht.

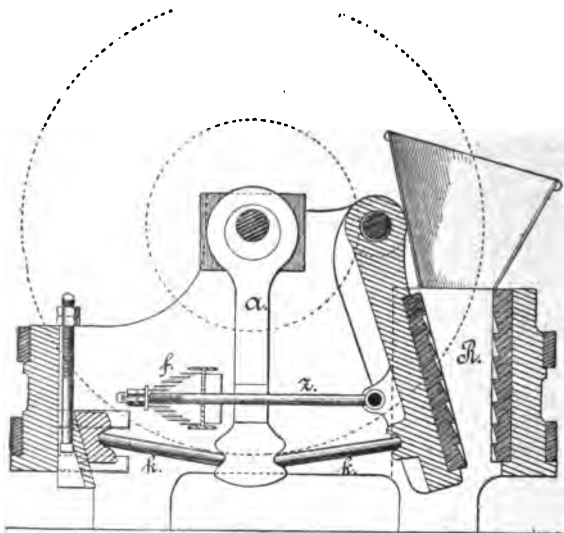


Fig. 214. Steinbrecher.

Der Steinbrecher, auch Backenquetsche genannt (Fig. 214), dient zur ersten Zerkleinerung der Wände zu Stufen. Die arbeitenden Teile sind in einem starken gußeisernen Rahmen, der durch schmiedeeiserne Bänder verstärkt ist, verlagert. Das Gut wird zwischen zwei Brechbacken, aus besonders hartem Material, zerdrückt, der eine Backen ist fest, der zweite beweglich. Der letztere

wird durch eine mittels Riemenscheibe angetriebene Welle, auf der ein schweres Schwungrad sitzt, in Schwingungen versetzt. Es wird nämlich der Arm a, welcher mittels Excenter auf der Welle befestigt ist, in auf- und niedergehende Bewegung versetzt, er wirkt durch den Kniehebel k auf den beweglichen Brechbacken. Eine Zugstange z nebst Feder f befördert das Zurückziehen des letzteren; der trichterförmige Raum zwischen den beiden Backen heißt der Rachen R. Die zu zerkleinernden Stücke werden oben in den Rachen hineingeworfen, und das gebrochene Gut fällt durch den unteren Schlitz, dessen Weite verstellbar ist, heraus. Der Kraftbedarf eines Steinbrechers ist auf etwa 4 Pfkr. zu bemessen, dabei wird auf die Pfkr. und die Stunde $^1/_2$ *cbm* Wände zu Stufen von 25—40 *cm* Größe gebrochen und verhältnismäßig wenig Unterkorn erzeugt.

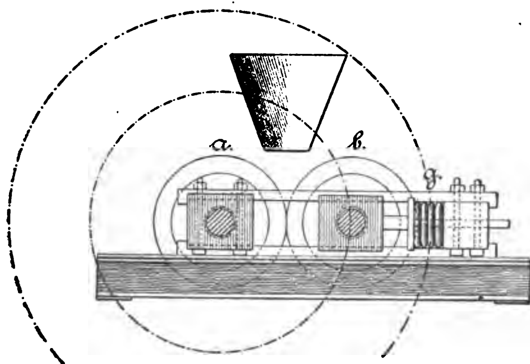


Fig. 215. Walzwerk.
a Fest verlagerte Walze, b Beweglich verlagerte Walze, g Gummipuffer.

Zur weiteren Zerkleinerung der Stufen zu Graupen dienen die Walzwerke. Ein solches (Fig. 215) besteht aus zwei gleich großen Walzen, welche auf horizontalen

Wellen in einem eisernen Rahmen, dem sog. Walzenstuhle, verlagert sind; jede Walze besteht aus einem harten glatten Eisenmantel, der auf einem schmiedeeisernen Kerne befestigt ist und leicht ausgewechselt werden kann. Durch Riemenübertragung auf eine der Walzenwellen und mittels zweier Stirnräder drehen sich die Walzen gegeneinander und zerquetschen das im Fülltrichter aufgegebene Erz bis zu einer Korngröße, die von der Einstellung der Walzen abhängt. Nur die eine Walze hat feste Lager, während diejenigen der anderen beweglich sind; letztere wird durch starke Gummipuffer gegen die gewöhnliche Druckbeanspruchung in ihrer Lage erhalten, kann aber ausweichen, falls ein fremder Körper zwischen die Walzen gelangt. Man giebt den Walzen einen Durchmesser von etwa 50 *cm*, eine Breite von 30 *cm* und läßt sie 15—35 Umgänge in der Min. machen; die Betriebskraft für ein Walzenpaar beträgt etwa 6—8 Pfkr. und die Leistung auf die Pfkr. und die Stunde schwankt je nach der Härte der Massen etwa zwischen 0·15 und 0·45 *cbm*.

Zum Zerkleinern von Stufen und Graupen für die Herdarbeit dient fast allgemein das Naßpochwerk; je nach der Natur der Erze sucht man Gut von 0·5 bis 2 *mm* Korngröße zu erhalten. Das Pochwerk, vgl. die Fig. 218 und 219 S. 328, besteht aus den Pochstempeln, den Pochsäulen und den nötigen Führungen, dem Pochtrog mit der Pochsohle und dem Unterbau. Die Pochstempel sind mit Hebedaumen (Heblingen) versehen, werden an diesen von den Däumlingen einer umlaufenden Daumenwelle gehoben und fallen auf das auf der Pochsohle befindliche Pochgut nieder, um es zu zertrümmern. Aus einer Rolle wird das Pocherz, am besten in der Größe von Stufen, dem Pochwerke zugeführt und nach der Zerkleinerung von dem zuströmenden Ladenwasser mit fortgeführt.

Bei den älteren Pochwerken wog der Holzbau vor, bei den neueren dagegen hat man mehr und mehr zum

Eisen gegriffen. Die **Pochsohle** ist etwas breiter als die Pocheisen, besteht gewöhnlich aus einer starken Gußeisenplatte und ruht auf kurzen Holzstöcken; aus Quarz **gepochte Sohlen** sind nur noch wenig in Gebrauch, lassen jedoch bei guter Wartung fast dieselbe Leistung erreichen, wie die gußeisernen. Die **Pochstempel** haben ein mittleres Gewicht von 150 *kg* und sind so einzurichten, daß sie zum Abstellen aufgeholt werden können, sie bestehen aus den **Stempelschäften** und den **Pocheisen**. Die Heblinge haben eine wagrechte untere Fläche und sind derart angebracht, daß sie nach stattgefundener Abnützung der Pocheisen entsprechend in die Höhe gerückt werden können, um den Däumlingen, welche nach einer Kreisevolvente gekrümmt sind, einen unveränderten Angriff zu bieten. Die **Pochwelle** ist zwei- oder dreihübig, das heißt jeder Stempel wird bei einmaliger Umdrehung der Welle zwei-, bezw. dreimal angehoben. Je 3 oder 5 Pochstempel stehen zwischen zwei Pochsäulen; diese Anzahl Stempel nennt man einen **Satz**. Die Bewegung der Stempel ist derartig, daß zunächst der Mittelstempel niederfällt, unter den das Pochgut eingetragen wird, dann der links daneben stehende; darauf folgt der rechts vom Mittelstempel befindliche, erst dann fällt der äußerste linke und endlich der äußerste rechte; der Mittelstempel heißt auch der **Unterschurer**. Ist nämlich unter demselben nur noch wenig Pochgut vorhanden und fällt er daher verhältnismäßig tief nieder, so erschüttert er hierbei das Pochgerinne, welches aus dem Vorratskasten, der Pochrolle, das Pochgut in den Pochtrog hinüberführt, und es wird frisches Pochgut eingetragen. Das Pochgerinne hat etwa eine Neigung von 20°.

Die Däumlinge für einen Satz sind auf der Welle so verteilt, daß eine gleichmäßige Beanspruchung der Betriebsmaschine stattfindet.

Der **Pochtrog**, auch **Pochlade** genannt, umgiebt die Pochsohle und den unteren Teil der Stempel und besteht aus Eisenplatten oder starken Pfosten; er hat den

Zweck, das Pochgut und die Ladenwasser bis zum Austragen zusammenzuhalten. Das Austragen der Trübe erfolgt gewöhnlich auf einer langen Seite des Pochtroges, da bei dieser Einrichtung jedes Teilchen, das fein genug gepocht ist, bald Gelegenheit findet, den Pochtrog zu verlassen und somit weiterer Zerkleinerung entzogen wird. Die Tiefe der Pochlade muß etwas größer sein, als die Hubhöhe der Stempel, die meistens 200 bis 300 *mm* beträgt, damit letztere im Wasser spielen und sich nicht über die Wasseroberfläche erheben. Beim Aufschlagen der Stempel auf diese würde ein starkes Spritzen des Ladenwassers eintreten.

Das Austragen kann verschieden erfolgen, am einfachsten über eine Wand, der Pochsatz heißt dann offener Satz. Die Tiefe der Pochlade ist der senkrechte Abstand der Kante, über welche ausgetragen wird, von der Pochsohle. Sie richtet sich beim offenen Satz danach, ob man je nach der Aufschließung, die das Gut verlangt, rösch (grob) oder zäh (fein) pochen will. Soll die Korngröße etwa 1 *mm* betragen, so wird die Tiefe der Pochlade zu 400 *mm* genommen. Dem Austragen über eine Wand ist das Austragen durch einen wagrechten Spalt sehr ähnlich. In beiden Fällen werden die feineren Teile durch die Wasserbewegung, welche das Niederfallen der Pochstempel veranlaßt, in der Schwebe erhalten und von dem stetig zu- und abfließenden Ladenwasser mit fortgeführt, es kommt jedoch häufig vor, daß auch gröbere Teile mit ausgetragen werden. Diesem Übelstande hilft der Schubersatz ab (Fig. 216). Die Trübe, welche ausgetragen wird, muß hier durch einen Spalt schräg aufwärts und dann ein Stück senkrecht aufwärts austreten, hierbei wird die Korngröße wesentlich durch die Geschwindigkeit des aufsteigenden Wasserstromes bestimmt; größere Körnchen, die mit in den Spalt gelangen, fallen wieder in den Pochtrog zurück. Um ein Versetzen des Spaltes zu verhindern, kann die innere Wand des Spaltes herausgenommen und wieder einge-

schoben werden (daher Schubersatz). Der Schubersatz liefert ein gleichmäßiges Korn.

Ferner hat man versucht, durch Vorsetzen eines Siebes oder Gitters die zu großen Körner zurückzuhalten, das Sieb versetzt sich jedoch durch den Wasserdruck leicht. Dieser Übelstand kann sehr zweckmäßig dadurch abgestellt werden, daß das Wasser durch Vorsetzen einer geschlossenen Wand vor dem Siebe angestaut wird, Fig. 217, dadurch wird der Wasserdruck auf beiden Seiten des Siebes gleich groß und die Öffnungen halten sich durch die Wasserbewegung offen. Die Trübe wird durch kleine Spunde ausgetragen. Dieser Satz heißt gestauter Siebsatz und eignet sich namentlich für Zähpochen. Die Ladenwassermenge für einen Satz beträgt zwischen 12 und 18 *l* in der Minute.

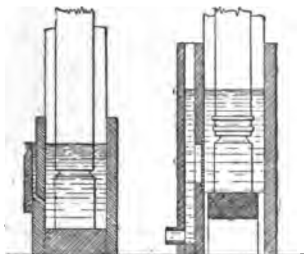


Fig. 216. Schubersatz. Fig. 217. Gestauter Siebsatz.

Bei dem Verpochen von Erzen, welche Freigold enthalten, nimmt man wohl zur Gewinnung desselben die Amalgamation zu Hilfe. Zu diesem Zwecke setzt man in den Pochtrog leicht auswechselbare amalgamierte Kupferplatten ein, welche durch Verreiben von Quecksilber auf dem metallisch blanken Kupfer hergestellt werden, auch thut man wohl metallisches Quecksilber in den Pochtrog und in die Gerinne für die Trübe. Das Freigold verbindet sich bei diesem Verfahren mit dem Quecksilber (es wird verquickt) zu Goldamalgam, welches durch Abkratzen der Kupferplatten und Herausnehmen des Quecksilbers von Zeit zu Zeit gewonnen und durch Ausglühen in Retorten mit gekühlten Vorlagen in Gold und Quecksilber zerlegt wird.

Die *Leistung eines Pochwerkes* hängt ab vom Gewichte und der Hubhöhe der Stempel, der Beschaffenheit des Pochgutes und der Feinheit des erzeugten Kornes. Ein Stempel pocht in 24 Stunden zwischen $^1/_4$ und $^3/_4$ *cbm* Pochgut in Stufenform; auf die Pfkr. und die Stunde rechnet man je nach Umständen 50 bis 200 *kg*.

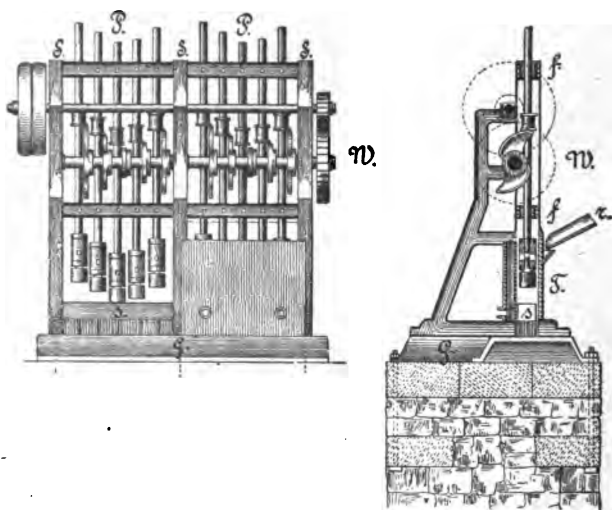


Fig. 218 u. 219. Californisches Pochwerk mit gestautem Siebsatz.
S Pochsäulen, P Pochstempel, G Grundrahmen, T Pochtrog, W Pochwelle.
f Führungen, s Pochsohle, r Pochgerinne.

Die Figuren 218 und 219 stellen ein Naß-Pochwerk in Eisenconstruction dar, ein sogenanntes *californisches Pochwerk*. Die Stempel P werden beim Anheben von den seitlich der Stempelachse angreifenden Däumlingen etwas gedreht, die Pocheisen, hier aus Gußstahl, sind daher cylindrisch und mit konisch abgedrehten

Zapfen in die Pochköpfe, welche als Schlaggewichte dienen, eingesetzt, in diesen sind in gleicher Weise die schmiedeeisernen Schäfte befestigt; die Führungen f der Stempel sind aus Gelbguß. Die eiserne Pochwelle W ist zweihübig, der Antrieb erfolgt durch Riemenscheibe und Zahnradvorgelege. Die gußeiserne Pochsohle s ruht auf senkrecht stehenden Holzklötzen. Die Pochwerkssäulen S sind mit den Streben und den Querstücken für die Wellenlager aus einem Stück gegossen und auf dem gußeisernen Grundrahmen für das Pochwerk G aufgeschraubt, letzterer hat den Querschnitt des Zorré-Eisens und wird mit Fundamentschrauben auf einem Mauerblocke festgelegt. Das Austragen der Trübe erfolgt durch einen gestauten Siebsatz.

Das Trockenpochwerk dient zum Zerkleinern der als Scheideerz oder als Stufen und Graupen gewonnenen lieferbaren Erze, es hat bis auf den Pochtrog dieselbe Einrichtung wie das Naßpochwerk. Die Zuführung der Ladenwasser fällt fort und der Pochtrog ist nur an einer Längswand geschlossen, an der anderen offen; der mit Eisenplatten belegte Fußboden schneidet mit der Oberkante der Pochsohle ab. Das Pochgut wird von einem Arbeiter mit einer Schaufel unter die Stempel gebracht (untergeschurt), nach erfolgter Zerkleinerung wieder mittels der Schaufel fortgefüllt und durch ein Sieb geworfen, worauf die Gröbe nochmals unter die Stempel kommt.

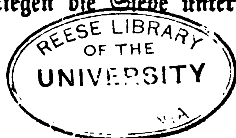
Zu dem gleichen Zwecke wie das Trockenpochwerk dienen Mühlen von der Einrichtung der Mahlmühlen; sie erfordern trockenes Gut. Außerdem sind noch vielfach Mühlenconstructionen, auch für die Zwecke der nassen Aufbereitung, angegeben und empfohlen worden, doch werden sie nur selten angewendet, da sie zu fein mahlen und zu Verlusten bei der dann folgenden Herdarbeit Veranlassung geben.

2. Die Trennung nach der Korngröße auf Sieben.

Bis zur Korngröße von 2 *mm* abwärts können die Massen nach der Zerkleinerung auf Sieben klassiert werden. Man trennt die Siebe einerseits in feste (Durchwurfsiebe) und in bewegte, andererseits in ebene und cylindrische oder schwach konische, die letzteren werden auch Siebtrommeln genannt. Dem Material nach bestehen die Siebe aus gelochten Blechen, Drahtgeflechten oder aus parallelen Stangen.

Ebene Siebe werden mittels Daumenwellen in hin- und hergehende Bewegung versetzt; das Sieb ist hierbei in vier Stangen derart etwas geneigt aufgehängt, daß es nach dem Vorschieben durch die Daumenwelle vermöge des Eigengewichtes in seine frühere Lage und gegen die Prellvorrichtung zurückfällt. Siebtrommeln, die jetzt am häufigsten angewendet werden, rotieren um ihre Achse, bei konischen Trommeln liegt diese wagrecht, bei cylindrischen etwas geneigt. Eine eigenartige Bewegung haben die Briart'schen Stangensiebe, da die Stangen abwechselnd auf zwei Systemen von Excentern befestigt sind, welche um 180° versetzt auf einer Welle sitzen. Durch Drehung der letzteren findet eine hin- und herauch zugleich auf- und abwärts gehende langsame Bewegung der beiden Stangengruppen gegeneinander statt, wodurch die Trennung der groben und klaren Massen auch bei geringer Neigung des Siebes ermöglicht wird.

Sollen mehrere Korngrößen erzeugt werden, so gehen die Massen entweder zuerst über das feinste und dann über gröbere Siebe oder umgekehrt. Ebene Siebe liegen im ersteren Falle in derselben Ebene hintereinander und die Korngrößen fallen allmählich durch die Siebe hindurch, doch findet durch die gröberen Massen eine starke Abführung der feinen Siebe statt. Gelangen die Massen zuerst auf das weiteste Sieb, so liegen die Siebe untereinander; durch das erste Sieb



werden nur die größten Körner zurückgehalten, alle kleineren gehen hindurch; auf dem nächstfeineren Siebe wird wieder eine Korngröße zurückgehalten, das feinere Korn geht wieder hindurch u. s. w.

Bei Siebtrommeln stoßen im ersteren Falle die einzelnen Siebe aneinander und bilden einen Cylinder bezw. abgestumpften Kegel, im zweiten Falle umgeben die feineren Siebe die gröberen concentrisch. Sollen viel Kornklassen hergestellt werden, so trennt man wohl das ganze Haufwerk zunächst durch ein mittleres Sieb in Grobes und Feines und behandelt dann jede Klasse für sich auf einer Siebreihe. Die einzelnen Korngrößen fallen in Sammelkästen oder werden unmittelbar zur Weiterverarbeitung durch Lutten, Transportschnecken u. s. w. den Setzmaschinen zugeführt.

Der Korngröße nach giebt man dem Gute verschiedene Bezeichnungen und zwar sind beim Erzbergbau üblich:

Wände, größer als				60 *mm*,
Stufen,	von	60	bis	16 *mm*,
Graupen,	von	16	bis	6 *mm*,
Griese,	von	6	bis	2 *mm*,
Sande,	von	2	bis	1 *mm*,
Mehle,	von	1	bis	0·25 *mm*,
Schlämme, unter				0·25 *mm*.

Im Kohlenbergbau unterscheidet man wohl:

Stückkohlen, über				100 *mm*	Durchmesser,
Mittelkohlen,	von	100	bis	50 *mm*	„ „
Nußkohlen,	von	50	„	25 *mm*	„ „
Knörpelkohlen,	von	25	„	6 *mm*	„ „
Staubkohlen,	unter			6 *mm*	„ „

3. Die Setzmaschinen.

Die Setzmaschinen dienen zur Sortierung bereits klassierter, d. h. gleich großer Körner von verschiedenem sp. G. nach der Gleichfälligkeit und zwar für Korngrößen

von 40 bis 2 *mm*. Diese Trennung geschieht in fast ruhendem Wasser durch oft wiederholten freien Fall der Körner bei sehr kleinen Fallhöhen. Man unterscheidet namentlich folgende Arten von Setzmaschinen: Solche mit Stauchsieb, bei denselben wird das Sieb auf- und niederbewegt; ferner Maschinen mit festem Siebe und seitlich davon befindlichem Kolben, die letzteren zerfallen in solche ohne Bett (Grobkornsetzmaschinen) und solche mit Bett (Feinkornsetzmaschinen).

Bei den Setzmaschinen mit Stauchsieb wird letzteres nach dem Eintragen einer bestimmten Menge Gut in einem Wasserkasten wiederholt schnell abwärts und langsam aufwärts bewegt. Während der Abwärtsbewegung des Siebes fallen die Körner im ruhenden Wasser nieder, werden dann zusammen gehoben, fallen wieder einzeln nieder u. s. f. Hierbei fallen die spec. schweren schneller als die spec. leichten, das Setzgut bildet daher Lagen, die nach dem spec. Gewichte geordnet sind und zwar so, daß die schwersten Körner, das reine Erz, unten auf dem Siebe liegen, die leichteren durchwachsenen Körner die mittleren Schichten bilden und die Berge in den obersten Schichten liegen. In der Kohlenaufbereitung finden sich nach beendetem Setzen die Berge unten, die Kohlen oben. Das Stauchsieb hängt meistens an dem einen Ende eines zweiarmigen Hebels, an dessen anderem Ende eine Daumenwelle angreift. Nach Verlauf einer durch die Erfahrung bestimmten Zeit wird das Sieb still gestellt und aus dem Wasser gehoben; die einzelnen wagrechten Lagen des Setzgutes werden mit Hilfe eines rechtwinklig umgebogenen Eisenbleches, einer sogen. Kiste, abgehoben. Die Stauchsiebe arbeiten also mit Unterbrechungen, die Leistung ist daher eine geringe.

Bei den Setzmaschinen mit festem Siebe (Fig. 220 und 221) hat der Wasserbehälter einen ⊔-förmigen Querschnitt, in dem einen Teile befindet sich das Sieb S und auf demselben das klassierte Erz, in

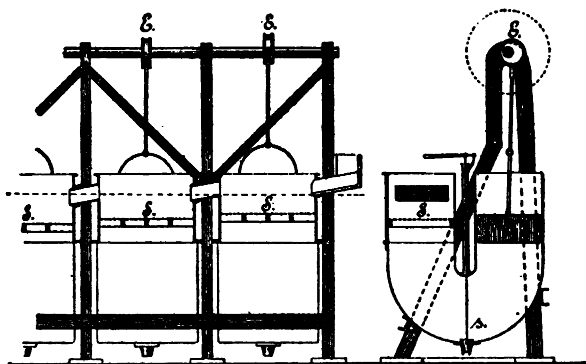


Fig. 220 u. 221. Continuierliche Bettsetzmaschine.
C Kolben, E Excenter, S Sieb, s Spund.

dem anderen Teile wird ein Kolben C mittels eines Excenters schnell nieder und langsam wieder in die Höhe bewegt (Kolbensetzmaschinen). Dadurch werden auf das Setzgut wiederholt Wasserstöße ausgeübt, die ganze Masse wird zusammen angehoben und die Körner fallen dann im fast ruhenden Wasser einzeln nieder, dadurch bilden sich auch hier wagrechte Lagen, deren spec. Gewicht nach oben zu allmählich abnimmt.

Bei den Maschinen für Grobkorn sind die Siebmaschen kleiner als die Korngröße, sämtliche Körner verbleiben auf dem Siebe und werden, nachdem der Setzprozeß beendet ist, lagenweise abgehoben, oder sie werden selbstthätig ausgetragen derart, daß sich zwei Sorten bilden, und die Maschine wirkt dann ununterbrochen.

Bei Grobkornmaschinen befindet sich unmittelbar über dem Siebe in der Kastenwand ein Schlitz, die spec. schwersten Körner verlassen nach Oeffnung eines Schiebers das Sieb und gelangen in einen Wasserkasten. Aus diesem kann das Gut durch Ziehen eines Spundes ab-

gelassen werden. Die leichteren Körner dagegen werden über eine Seitenwand ausgetragen, wenn sie sich genügend angehäuft haben und gelangen, falls mehrere Sorten gemacht werden sollen, auf eine andere Maschine, deren Sieb etwas tiefer liegt. Für die Verarbeitung durchwachsener Erze stellt man 4 bis 5 derartige Maschinen zusammen (vgl. Fig. 220), erst auf der letzten werden dann einerseits arme eingesprengte Massen, andererseits Berge ausgetragen. Dabei geht ein horizontaler Wasserstrom über die Setzmaschinen und wirkt fortschaffend auf die leichteren Körner.

Eine andere Art des selbstthätigen Austragens für grobes Korn besteht darin, daß durch das Sieb ein Rohr hindurchgeht, welches mit einer flachen, verstellbaren Glocke überdeckt ist, deren unterer Rand jedoch soviel senkrechten Abstand von dem Siebe behält, daß die betreffende Korngröße in das Rohr und somit in den Wasserkasten gelangen kann.

In den Maschinen für feines Korn, etwa von 4 *mm* abwärts, befindet sich als selbstthätige Austrage-Vorrichtung über dem weitmaschigen Siebe ein Bett von groben Graupen (Bettsetzmaschinen) aus einem Material, das spec. etwas leichter ist, als die schwersten Gemengteile des Setzgutes, die auf dem betreffenden Siebe ausgetragen werden sollen. Beim Setzprozeß gelangen die schwersten Körnchen allmählich durch das Bett in den Wasserkasten und können durch geeignete Spunde abgelassen werden.

In der Steinkohlenaufbereitung wendet man gewöhnlich einteilige Grobkorn- und zweiteilige Feinkornsetzmaschinen an. In der Erzaufbereitung werden auch noch mehr Abteilungen gemacht, z. B. gewinnt man bei der Aufbereitung der Erze von den Gängen der kiesigen Bleiformation in Freiberg auf 5-teiligen continuierlichen Kolben-Setzmaschinen:

in der ersten Abteilung reinen Bleiglanz,
in der zweiten Abteilung Arsenkies mit wenig Bleiglanz,

in der dritten Abteilung reinen Schwefelkies,
in der vierten Abteilung Schwefelkies mit Zinkblende,
in der fünften Abteilung reine Zinkblende.

Dabei werden reine Berge abgesetzt.

Auf Feinkornsetzmaschinen kann man Sande bis zu 1·5 *mm* Durchmesser und zwar nicht nur klassiertes Korn, sondern auch in Spitzkästen sortiertes Gut weiter verarbeiten, da bei kleinen Fallhöhen auch von sortierten Körnern die kleinen und schweren den größeren und leichteren etwas voreilen, dabei in die untersten Lagen gelangen und durch das Bett ausgetragen werden.

Der Kraftbedarf der continuierlichen Kolben-Setzmaschinen bei der Erzaufbereitung beträgt etwa $^1/_8$ bis $^1/_4$ Pfkr. für jede Siebabteilung, dabei machen die Grobkornmaschinen je nach der Korngröße 120 bis 200 Spiele in d. Min. bei 50 bis 15 *mm* Kolbenhub, die Feinkornmaschinen 200 bis 250 Spiele bei etwa 5 *mm* Kolbenhub. Der Bedarf an hellem Wasser beträgt etwa 30 *l* i. d. Min. für jede mehrteilige Setzmaschine. Bei etwa 0·3 *qm* Siebfläche für jedes Sieb können auf jeder mehrteiligen Setzmaschine in der Stunde von grobem Korn 0·1 bis 0·2 *cbm*, von feinem Korn bis 0·1 *cbm* Masse verarbeitet werden.

Die Setzmaschinen für Kohlenaufbereitung sind für Grobkorn einsiebig, haben etwa 0·9 *qm* Siebfläche und bewältigen jede in der Stunde bis 60 Doppel-Centner oder 6 *cbm* Setzgut; die Feinkornmaschinen sind zweiteilig.

4. Das Sortieren der Sande, Mehle und Schlämme.

Die Sortierung auf Setzmaschinen läßt sich nur mit Körnern etwa bis zur Größe von 1·5 *mm* hinab ausführen, noch kleinere Körner werden im horizontalen Wasserstrome, z. T. mit Hilfe des aufsteigenden Wasserstromes, sortiert und zwar am häufigsten in der Mehlführung und in Spitzkästen (vgl. S. 338).

Die älteste derartige Vorrichtung ist die Mehlführung, sie besteht aus einer Reihenfolge von Gerinnen, welche die Trübe nacheinander mit abnehmender Stromgeschwindigkeit durchfließt. Letzteres erreicht man dadurch, daß die Breite der Gerinne allmählich zu-, das Gefälle dagegen abnimmt; die Tiefe sämtlicher Gerinne pflegt gleich zu sein. Durch das Einsetzen niedriger Querwände wird das Absetzen der Massen befördert. Bei umfangreichen Mehlführungen ist es nicht möglich, die Gerinne sämtlich in derselben Richtung hintereinander anzulegen; man läßt dieselben dann hin- und herlaufen, hat jedoch an denjenigen Stellen, an denen Richtungsänderungen stattfinden, die Ecken entsprechend auszusetzen, um Wirbelbildungen zu verhüten. Theoretisch würde es richtig sein, die Breite der einzelnen Gerinne nach einer geometrischen Reihe zunehmen zu lassen, um die Stromgeschwindigkeit den Gesetzen der Gleichfälligkeit entsprechend zu verringern, da jedoch die Verminderung des Gefälles in gleichem Sinne wirkt, so wird, namentlich auch mit Rücksicht auf den Raumbedarf, nur eine geringere Zunahme der Breite innegehalten.

Die Sande, welche sich in den ersten Gerinnen absetzen, nennt man in Sachsen auch Häuptel (von Hauptschlamm) und unterscheidet Röschhäuptel, Mittelhäuptel und Zähhäuptel, dann folgen die Mittelschlämme oder Mehle in verschiedenen Abteilungen und endlich die feinsten Schlämme oder Schmante. Die für die letzteren bestimmten breiten Gerinne nennt man auch Sümpfe. Aus dem letzten Gerinne soll eine Trübe austreten, wilde Flut genannt, die nur noch Bergteile enthält; vollkommen ist dieses Ziel allerdings nicht zu erreichen. Sie gelangt in die Klärsümpfe, woselbst sich die Hauptmenge der noch vorhandenen festen Bestandteile absetzt, damit einerseits ein Teil des gereinigten Wassers wieder als Wäschwasser benutzt werden kann, andererseits durch die abfließende Trübe die natürlichen Wasserläufe möglichst wenig verunreinigt werden.

Die ganze Einrichtung einer Mehlführung muß der besonderen Beschaffenheit des Pochgutes entsprechen, es ist namentlich zu berücksichtigen die Menge der Trübe, der höhere oder geringere Wert der nutzbaren Mineralien, die Art der Zustellung des Pochwerkes, d. h. ob rösch oder zäh gepocht wird; auch ist die Natur der Gangart sehr wichtig, da thonige Erze wesentlich schwieriger zu behandeln sind als sandige.

Nachdem das Absetzen der gleichfälligen Sorten in der Mehlführung eine Zeit lang stattgefunden hat, häufen sich die Massen derart an (allerdings in den verschiedenen Gerinnen in kürzeren oder längeren Zeiträumen), daß sie zur weiteren Verarbeitung ausgeschlagen werden müssen. Bei den zähen Mehlen und Schlämmen muß dem Ausstechen das sogenannte Senken vorausgehen, d. h. es wird durch wiederholtes ruhiges Einstechen einer Schaufel in die gallertartigen Massen die Absonderung des überflüssigen Wassers erleichtert. Wenn ausgeschlagen werden soll, wird das Pochwerk abgestellt oder die Trübe in Wechselgerinne geleitet, welche wenigstens für diejenigen Gerinne, die sich am schnellsten füllen, vorhanden sein sollten. In Österreich teilt man sehr zweckmäßig, um Wechselgerinne zu erhalten, die sämtlichen, allerdings breit gehaltenen Gerinne durch Längswände in eine Anzahl parallele schmälere Gerinne, von denen immer ein oder zwei als Wechselgerinne dienen.

Die ausgeschlagenen Sorten werden in Vorratsräumen, sogenannten Ständen, zur Weiterverarbeitung auf Herden angesammelt, dürfen jedoch nicht trocken werden oder gefrieren, da sonst das spätere Anmengen zu einer gleichmäßigen Trübe schwierig wird.

Aus dem Vorstehenden erhellt, daß die Mehlführung mit Unterbrechungen arbeitet, auch erfordert die Anlage verhältnismäßig viel Raum. Das Ausschlagen der zum Absatz gelangten Sorten ist eine zeitraubende Arbeit und das Anmengen der Mehle und Schmante zu einer gleichmäßigen Trübe für die Verarbeitung auf Herden

schwierig; die Beförderung der Massen muß durch Menschenkraft erfolgen.

Die folgenden beiden Einrichtungen, die Spitzkästen und Spitzlutten, wirken ununterbrochen und tragen die Sorten in Form von Trübe selbstthätig aus; der Transport der letzteren erfolgt in geneigten Gerinnen ebenfalls selbstthätig bis zu den Herden, das Anmengen der Mehle zur Trübebildung fällt also fort.

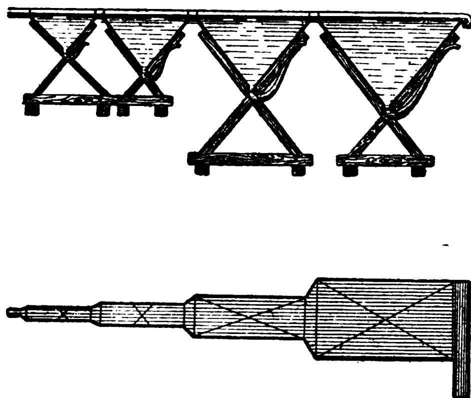


Fig. 222 u. 223. Spitzkasten-Apparat.

Ein Spitzkastenapparat nach Rittinger (Fig. 222 und 223) kann als eine Mehlführung gedacht werden, in welcher die Ansammlung der gleichfälligen Sorten dadurch erleichtert wird, daß der Boden des Gerinnes aus aneinander gereihten Trichtern gebildet ist. Im tiefsten Punkte eines jeden Trichters ist ein enges Mundstück angeschraubt, durch welches die betreffende gleichfällige Sorte unter Druck, mit Trübe gemengt, in Gerinne austritt.

Der Umstand, daß die aus den Spitzkästen austretenden Sorten mit Trübe gemengt sind, kann ab-

geändert werden, indem man von oben her bis ziemlich zum tiefsten Punkte des Spitzkastens ein Rohr einführt und durch dasselbe klares Wasser in geringer Menge jedoch mit solcher Geschwindigkeit dem Trübestrome entgegen austreten läßt, daß die leichteren Teilchen in die Höhe mitgenommen werden und nur die dem Spitzkasten entsprechende gleichfällige Sorte niedersinkt. Diese tritt dann mit klarem Wasser gemengt aus und ist zur Herdarbeit sehr geeignet.

Die Spitzlutten gehören zu den Stromapparaten, d. h. zu denjenigen Vorrichtungen zum Sortieren von Sanden u. s. w., in denen vorwiegend der aufsteigende Strom zur Anwendung gelangt. In jeder Spitzlutte (Fig. 224) wird der Trübestrom erst absteigend und dann ansteigend geführt, hierbei sinkt eine gleichfällige Sorte zu Boden und tritt, unter Zuhilfenahme eines Gegenstromes von klarem Wasser, durch ein Mundstück aus, die anderen Körnchen werden vom aufsteigenden Strome fortgeführt und gelangen zur nächsten Abteilung.

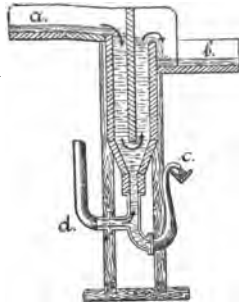


Fig. 224. Spitzlutte.
a Zuflußgerinne, c Austrageöffnung, b Abflußgerinne, d Klarwasserzuführung.

Mehrere Abteilungen bilden einen Spitzluttenapparat, der besonders für rösche Mehle gut arbeitet. Die Geschwindigkeit des aufsteigenden Trübestromes hängt von der Differenz der Wasserspiegel im Zufluß- und Abflußgerinne ab und wird in jeder folgenden Abteilung etwas geringer; es können ebenso, wie in den Spitzkästen, mehrere gleichfällige Sorten gebildet werden.

5. Die Klassierung auf Herden.

Die Herde dienen ausschließlich der Aufbereitung der Erze, sie werden in festliegende und bewegte eingeteilt; durch die Bewegung soll die Trennung der Massen befördert oder die Stetigkeit der Arbeit erreicht werden. Nach der Art der Herdfläche unterscheidet man ebene Herde und solche mit regelmäßig gekrümmter Fläche, von denen die Kegel- und Trichterherde, sogen. Rundherde, die verbreitetsten sind.

Die Herdarbeit zerfällt in drei Teile, die bei den verschiedenen Herden allerdings nicht immer deutlich hervortreten: Zunächst wird der Herd dadurch, daß Trübe über denselben geleitet wird, mit Schlich belegt, dann wird der letztere durch klares Wasser geläutert und angereichert und endlich von dem Herde entfernt. Die letztere Arbeit kann statt durch Handarbeit auch durch Wasserspülung erfolgen. Werden die angeführten drei Arbeiten auf dem Herde zu gleicher Zeit nebeneinander verrichtet, so arbeitet der Herd ununterbrochen, stetig (continuierlich), in diesem Falle kann der Trübestrom beständig über den Herd geleitet werden, der Belag jedoch bildet nur eine dünne Schicht, die bald wieder entfernt wird. Derartige Herde sind z. B. der Linkenbach'sche feststehende Rundherd, der Rittinger'sche Stoßherd und die Planenherde mit bewegter Plane.

Auf anderen Herden, z. B. auf dem Kehrherde und dem gewöhnlichen Stoßherde, werden die genannten drei Arbeiten nach einander verrichtet, die Trübe kann daher nicht beständig über den Herd fließen, die Herdarbeit muß zeitweise unterbrochen werden, sie ist discontinuierlich; infolge dessen ist ein Wechselherd erforderlich.

Diejenigen Herde, auf denen sich der Belag stets nur in dünner Schicht auflegt und dann wieder entfernt wird, z. B. den Kehrherd und die continuierlichen

Herde, nennt man auch Leerherde, im Gegensatz dazu diejenigen, auf denen der Belag zu dicker Schicht anwächst, wie beim gewöhnlichen Stoßherde, Vollherde.

Die Trübebildung.

Bei neueren Aufbereitungen für größere Mengen Erz gelangt die Trübe unmittelbar aus den Spitzkästen oder dergl. durch Gerinne auf die Herde, um sofort verarbeitet zu werden. Doch kommt es auch jetzt noch vor, z. B. bei der Weiterverarbeitung von Zwischenproducten, daß diese in Form von Mehlen angehäuft und später für die Herdarbeit in Trübe umgewandelt werden müssen. Selten und nur bei kleinen Mengen geschieht das Einschlämmen mit der Hand, am häufigsten mittels der Gumpen, die unmittelbar oberhalb des Happenbrettes aufgestellt werden. In der einfachsten Form besteht eine Gumpe aus einem größeren Kasten mit geneigtem Boden und einer Abflußöffnung, in diesen wird Mehlvorrat gestürzt und aus einem Rohre Klarwasser darüber geleitet. Da hierbei die Gleichmäßigkeit der Trübe zu wünschen übrig läßt, werden auch Gumpen mit Rührwerken benutzt. Bei den Drehgumpen wird der Mehlvorrat aus einem Vorratskasten selbstthätig in gleichmäßig dünner Schicht auf einen unter demselben rotierenden flachen Kegel aufgetragen und von diesem durch einen radial auftreffenden Wasserstrahl als Trübe abgespült; der Mehlgehalt ist bei dieser Einrichtung ein gleichbleibender. Bevor die Trübe auf den Herd gelangt, geht sie durch ein feines Sieb, damit Unreinlichkeiten zurückgehalten werden.

Aus der großen Zahl der vorgeschlagenen und in Betrieb genommenen Herde sollen im Folgenden einige bewährte und viel angewendete Formen als Beispiele beschrieben werden.

Die festliegenden Herde.

Die Einrichtung eines gewöhnlichen, liegenden Herdes, auch Kehrherd genannt, ist aus den Fig. 225 und 226 ersichtlich. Die beiden Herdbäume a ruhen auf Querhölzern, die Dielung b besteht aus feinjährigem Nadelholze und ist in die Bäume eingepfalzt,



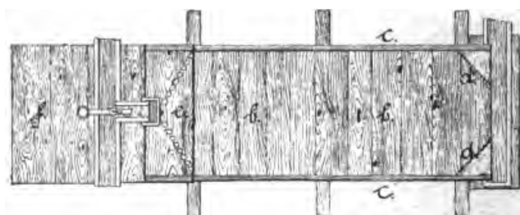


Fig. 225 u. 226. Kehrherd.
a Herdbäume, b Dielung, c Bordbretter, d Flügel, e Stelltafel, f Herdbühne.

oder auf denselben befestigt; im letzteren Falle sind Bordbretter c an den Seiten aufgesetzt. Um die Producte bequem in einem Gerinne auffangen zu können, ist das unterste Ende des Herdes durch aufgenagelte Leisten d, sogenannte Flügel, zusammengezogen. Die Herdfläche hat etwa 1 *m* Breite bei 4 *m* Länge.

Über dem oberen Teile des Herdes liegt die Stelltafel e, auch Happenbrett genannt, auf derselben bilden die Stellklötzchen oder Happen ein gleichschenkliges Dreieck, lassen jedoch Lücken zwischen sich. Die Trübe fließt durch ein Sieb auf die Stelltafel und wird durch die um Stifte drehbaren Stellklötzchen gleichmäßig auf die ganze Herdfläche verteilt. In der Fig. wird die Trübe durch ein Gerinne, das klare Wasser aus einer Rohrleitung zugeführt. Von der Herdbühne f aus kann der Zufluß der Trübe bequem geregelt werden.

Die Arbeit auf dem liegenden Herde findet in der Weise statt, daß die Trübe eine Zeit lang in dünner Schicht über den Herd geleitet wird; die Wellenbildung auf der Herdfläche giebt ein Anhalten dafür, ob der Trübestrom sich gleichmäßig über die ganze Herdbreite verteilt. Die Abgänge fließen in das am unteren Ende des Herdes befindliche Gerinne und werden in die Klärsümpfe geführt. Die Herdneigung, welche durch Unterlegen von Klötzen unter das untere Ende der Herdbäume verringert und durch Unterlegen am oberen Ende vermehrt werden kann, richtet sich nach dem Korne des Waschgutes. Rösches Korn erfordert eine stärkere, zähes Korn eine geringere Herdneigung.

Ist auf diese Weise der Herd mit einer dünnen Schlichschicht belegt, so wird die Trübe abgestellt und Klarwasser zur Läuterung über den Herd geleitet. Hierbei wird der Belag mit einer Kiste (kleines Holzbrettchen) oder mit Reisigbesen durchgearbeitet, damit der Wasserstrom Gelegenheit findet, die weniger schweren Teilchen mit fortzunehmen. Das während der Läuterung vom Herde abgespülte Zwischenproduct, die After, wird durch ein angestoßenes Gerinne in einen Sammelkasten geleitet. Ist die Läuterung beendet, was der Arbeiter an der Farbe des Belages erkennt, so wird der auf dem Herde verbliebene Erzschlich abgekehrt und unter Klarwasserzufluß in einen zweiten Sammelkasten, das sogen.

Erzfaß, geführt. Darauf kann der Herd von neuem belegt werden.

Ein Arbeiter bedient zwei Herde, die abwechselnd arbeiten. Das Zwischenproduct wird später für sich nochmals verwaschen. Die liegenden Kehrherde können wegen ihrer geringen Leistung nur zur Verarbeitung kleiner Mengen sortierter Vorräte Verwendung finden.

Linkenbach's Schlammrundherd.

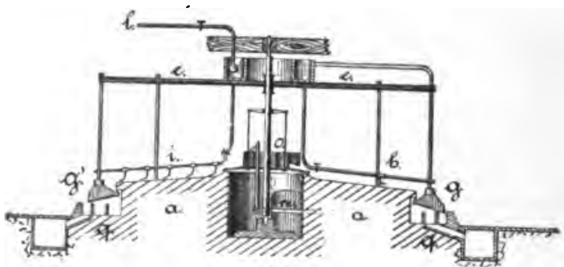
Um mittels der gewöhnlichen Kehrherde einen ununterbrochenen Betrieb zu ermöglichen, müßte man mehrere derselben nebeneinander anwenden und mit der Zuführung der Trübe und des Läuterwassers, sowie mit dem Entfernen des Belages wechseln. Legt man nun der bequemen Handhabung wegen die Happenbretter einer Gruppe solcher Herde möglichst nahe aneinander und die Herdflächen radial, so bilden dieselben, wenn man sie bis zum Zusammenstoßen verbreitert, eine sehr flache Pyramide und, wenn man noch die Kanten abgleicht, einen stumpfen Kegel. Legt man umgekehrt die Herde mit den unteren Enden zusammen, so daß die Happenbretter sämtlich nach außen weisen, so wird nach Ausgleichung der einspringenden Kanten ein stumpfer Trichter gebildet. So sind aus dem gewöhnlichen Kehrherde zum Zwecke continuierlicher Arbeit die Rundherde gebildet worden. Kegel- und Trichterherd unterscheiden sich namentlich darin, daß bei dem Kegelherde die darüberfließende Trübe allmählich über eine immer größere Fläche ausgebreitet und die Trübeschicht daher beständig dünner wird, während beim Trichterherde das umgekehrte stattfindet. Es werden bei letzterem leichter Erzteilchen mit fortgeführt und man giebt deshalb den Kegelherden fast allgemein den Vorzug. Es sind rotierende und festliegende im Gebrauch; die letzteren sind durch Linkenbach eingeführt worden und gewinnen immer mehr Verbreitung, da sie billiger und dauerhafter sind als die rotierenden, doch brauchen sie wie diese verhält-

nismäßig viel Platz und viel klares Wasser. Die Arbeitsleistung ist sehr beträchtlich.

Bei dem Linkenbach'schen Schlammrundherde*) (Fig. 227 und 228) ist der festliegende Herd a gemauert und mit einer etwa 7 *mm* dicken Zementschicht überzogen, welche vor der vollständigen Erhärtung abgedreht und glatt abgeschliffen wird. Der Durchmesser beträgt 6—8 *m*, den Herd umgiebt concentrisch ein ebenfalls festes Gerinne q, welches durch Scheider in drei gleichbreite, concentrische Abteilungen geteilt ist, von denen die dem Herde zunächst liegende die Abgänge, die zweite die Zwischenproducte, welche beim Läutern fallen, und die äußerste die fertigen Schliche aufnimmt. Mittels Abfallrohre und Gerinne werden die Abgänge in die Klärsümpfe, die Producte in Sammelkästen geleitet. Durch einen im Mauerwerk des Herdes ausgesparten Kanal führt ein Trübezuflußrohr m bis in die Herdmitte und oben über den rotierenden Tragstangen ebendahin das Klarwasserrohr b.

Die sämtlichen beweglichen Teile sind mittels 8 Tragarme e an dem Stern einer im Herdmittel stehenden Welle befestigt und werden mit derselben in Umdrehung versetzt. An den Tragarmen sind die Aufgabe-, Läuter- und Abbrausevorrichtung hängend befestigt. Zu der ersteren gehört die ringförmige Stelltafel o mit der kreisrunden Trübeeinströmrinne und der dazu gehörigen Trübeaufgabeabteilung t, ferner die Läuterwasserrinne nebst zugehöriger Stelltafelabteilung s. Zu der letzteren, sowie zu den später zu erwähnenden Brausen, gelangt das Klarwasser aus der auf den Tragarmen ruhenden und mitrotierenden Klarwasserrinne k, in die das feste Wasserrohr l mündet; h sind die verstellbaren Läuterbrausen, i die Schlichbrausen.

*) C. Linkenbach, die Aufbereitung der Erze 1887. S. 101 ff.



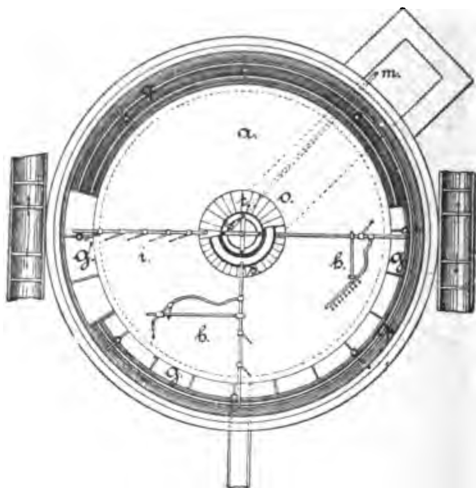


Fig. 227 u. 228.
Der Linkenbach'sche Schlammrundherd.

a Gemauerter Herd, q Gerinne, m Trübezuflußrohr, l Klarwasserrohr, e Tragarme, o Stelltafel, davon t Trübeaufgabeabteilung u. s Läuterwasserabteilung, h Läuterbrausen, i Schlichbrausen, g, g' Vorlagetafeln.

Während des Belegens gelangen die Abgänge unmittelbar von dem Herde in das innere Gerinne, die bei dem darauf folgenden Abläutern fallenden Zwischenproducte werden durch die Vorlagetafeln g in das mittelste Gerinne, der reine Schlich endlich durch die etwas breiteren Vorlagetafeln g' in das äußerste Gerinne geführt. Die Vorlagetafeln bestehen aus gepfalztem Zinkblech und ruhen auf einem an den Tragestangen hängenden Gerippe aus Winkeleisen, das den Herd concentrisch umgiebt.

Bei der in der Fig. gezeichneten Einrichtung ist für das Belegen durch die Trübe etwa $^3/_8$ der Herdfläche, für die Läuterung $^4/_8$ derselben und für das Abbrausen $^1/_8$ vorgesehen, diese Einteilung kann jedoch durch anderweitige Zustellung der entsprechenden Teile leicht geändert werden. Die Herdneigung beträgt je nach dem Korne des Waschgutes 1 : 9 bis 1 : 12, kann jedoch bei ein und demselben Herde nicht geändert werden; die Zahl der Umdrehungen ist 15 bis 30 i. d. Min. Der Kraftbedarf für den Herd beträgt etwa 0·1 Pfkr. und es können 120 *l* Trübe mit 8 bis 10 Gewichtsprocenten fester Teile, bei einem Klarwasserverbrauch von 150 *l* i. d. Min., verarbeitet werden. Zur Beaufsichtigung zweier oder dreier Herde genügt ein Mann, der jedoch zum Ausschlagen der Sammelkästen eine Unterstützung braucht.

Die bewegten Herde.

Die Bewegung, welche man den Herden giebt, kann verschieden sein. Steht die Herdfläche mit den übrigen Teilen des Herdes in fester Verbindung, so ist die Bewegung stets eine hin- und hergehende (alternierende). Diese Herde, auch Stoßherde genannt, sind in Ketten oder Hängestangen aufgehängt, sie erhalten durch eine Daumenwelle einen Vorschub, fallen dann durch ihr Eigengewicht in die frühere Stellung zurück

und treffen gegen eine *Stauchvorrichtung*. Erfolgt die Bewegung in derselben Richtung, in der die Trübe fließt, so spricht man von *Längsstoß*, findet die Bewegung hierzu rechtwinklig statt, so spricht man von *Quer-* oder *Seitenstoß*. Ein Herd der ersten Art ist der *gewöhnliche Stoßherd*, einer der zweiten Art, der *Rittingerherd*.

Planenherde sind Herde, deren Herdfläche mit den übrigen Teilen *nicht fest verbunden* ist; bei festliegenden Herden legt man grobe Leinwand, Häute u. dgl. auf die Herdfläche, um die Absonderung solcher Mineralien, die in feinen dünnen Blättchen vorhanden sind, (gediegen Gold, gediegen Silber, Bleiglanz) zu erleichtern. Bei den Herden mit bewegten Planen sind es Bänder ohne Ende, die über Walzen geführt und stetig in derselben Richtung bewegt werden, hierbei kann sowohl die Längs-, als auch die Querbewegung angewendet werden.

Endlich hat man auch Herde gebaut, bei denen die stetige Bewegung einer Plane und die hin- und hergehende Bewegung eines Rahmens, in welchem die Walzen der Plane verlagert sind, gleichzeitig stattfindet, z. B. der *Stein'sche Herd*. Die Bewegung der Plane hat den Zweck, den abgelagerten Schlich aus dem Trübestrome zu entfernen und ihn dann abzuspülen.

Der Sichertrog.

Der Sichertrog dient dazu, um kleine Proben von Erzen u. dgl. durch Verwaschen auf ihren Gehalt an nutzbaren Bestandteilen zu untersuchen. Nach örtlichen Gewohnheiten sind Form und Größe sehr verschieden, letztere schwankt meistens zwischen 0·3 und 0·5 *m*, man hat Kasten-, Mulden-, auch Schüsselform; die Sichertröge sind aus Holz geschnitzt, oder aus Eisen, beziehungsweise Kupferblech getrieben. Nachdem das Erz mit Wasser darauf gebracht und ausgebreitet ist, wird dem Sichertroge mit der einen Hand eine derart hin- und her-

gehende Bewegung erteilt, daß der Wasserschwall in der einen Richtung schnell über das Erz fort- und dann langsam zurückströmt; ferner kann der Trog zeitweilig mit dem Ballen der rechten Hand gestoßen werden, so daß eine Wirkung wie auf dem Stoßherde erzielt wird. Man entfernt dann einen Teil der ausgeschiedenen Berge von dem Sichertroge und wäscht den Rest vollends rein; derselbe wird nach dem Ansehen beurteilt, oder besser probiert.

Der gewöhnliche Stoßherd.

Der Stoßherd ist in seiner Bauart dem Kehrherde ähnlich, er ist jedoch in vier Ketten aufgehängt und erhält, während die Trübe darüber hinwegströmt, Längsstöße. Nach jedem derselben fällt er durch sein Eigengewicht gegen eine Stauchvorrichtung zurück. Durch den Vorstoß entsteht auf dem Herde eine stärkere Trübewelle und die leichteren Teilchen werden hierdurch über den Herd hinweggeführt; beim Rückstoße dagegen werden die schwereren Teilchen, die bereits auf dem Herde zur Ablagerung gelangt waren, fester zusammengestoßen und rücken sogar den Herd aufwärts. Der Stoßherd ist ein Vollherd, denn man läßt den Schlich auf dem Herde sich zu einer starken Schicht anhäufen und entfernt ihn dann erst.

Die Hauptteile des Stoßherdes (Fig. 229) sind: Der Herd H und das Herdgerüst, an welchem derselbe aufgehängt wird. Mit diesem ist die Herdbühne a nebst Stelltafel b, unter Umständen die Gumpe, ferner die Stauchvorrichtung und die Stoßvorrichtung fest verbunden. Am unteren Ende des Herdes befindet sich das Herdflutgerinne c, welches die Abgänge aufnimmt.

Der Herd unterscheidet sich vom Kehrherde durch die stärkere Bauart, da er den starken Stößen auf die Dauer widerstehen muß. Besonders gut ist der Herdkopf d mit den übrigen Teilen verbunden; die Dielung liegt gewöhnlich doppelt; am unteren Teile ist die Herdfläche nicht durch Flügel zusammengezogen.

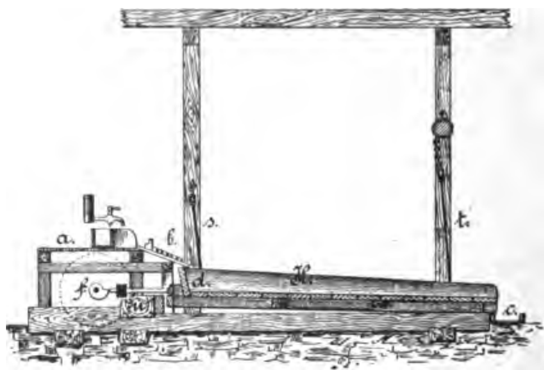


Fig. 229. Gewöhnlicher Stoßherd.
H Herd, a Herdbühne, b Stelltafel, c Herdflutgerinne, d Herdkopf, s Spannketten, t Stellketten, u Stauchklotz, f Daumenwelle.

Das Herdgerüst besteht aus Quer- und Langschwellen, auf diesen stehen die Herdsäulen, sie sind oben durch Querriegel verbunden; dagegen soll wegen der häufigen und starken Erschütterungen eine Verbindung des Herdgerüstes mit der Dachconstruction oder mit den Mauern des Gebäudes vermieden werden. Die Herdgerüste sowie die Herdbäume und Schwellen, auch die Daumenwellen werden in neuerer Zeit vielfach aus Eisen hergestellt.

Die Hängeketten oder -stangen sind so anzubringen, daß der Herd durch sein Eigengewicht gegen die Stauchvorrichtung zurückfällt, wenn er vorgestoßen wird. Die kürzeren oberen Ketten nennt man Spannketten s, da unter sonst gleichbleibenden Verhältnissen von ihrer Länge und Richtung die Stärke des Rückstoßes abhängt; die unteren nennt man Stellketten t, da mittels derselben die Herdneigung nach Bedarf geändert wird. Es müssen mindestens die Ketten der einen Herdseite mittels einer Stellschraube eine allmähliche He-

bung und Senkung des Herdes gestatten, da die Dielung der Quere nach stets in Wage liegen muß.

Die Stauchvorrichtung besteht aus einem großen Klotze u, der mit dem Herdgerüste fest verbunden ist; an der Vorderseite, welche der Abführung unterliegt, befindet sich ein auswechselbarer Teil.

Der Längsstoß wird dem Herde durch eine Daumenwelle f erteilt, in der Fig. ist dieselbe einhübig, wie bei schnelllaufenden Wellen, die durch Dampfmaschinen angetrieben werden; sie wirkt durch eine Stoßstange auf den Herd. Letztere enthält einen Gummipuffer als elastischen Teil und kann verlängert oder verkürzt werden, je nachdem der Ausschub es erfordert. Bei anderer Bauart legt man zwischen die Daumenwelle und die Stoßstange noch einen Winkelhebel, sogenannten Drückel, wodurch für die Lage der Daumenwelle mehr Spielraum gewonnen wird; zur Veränderung der Länge des Stoßes kann der eine Hebelarm durch Stellschraube verlängert oder verkürzt werden.

Die Arbeit auf dem Stoßherde. Zum guten Gange eines Stoßherdes ist es erforderlich, daß die Trübe gleichmäßig über den Herd geht, dieselbe darf nicht zu dunkel und auch nicht zu hell sein, d. h. weder zu viel noch zu wenig feste Bestandteile enthalten. Bei den röscheren Vorräten ist am meisten helles Wasser zu geben. Die Hin- und Herbewegung des Herdes muß eine gradlinige sein, was durch gleichmäßige Verteilung der Massen erreicht wird. Der Schlich muß sich auf dem Herde mit ebener Oberfläche absetzen, es dürfen sich keine Buckel oder Furchen bilden, und wenn sie entstehen, müssen sie mit Hilfe einer langgestielten Kiste beseitigt werden. Da der Schlich sich auf dem oberen Teile der Herdfläche in dickerer Schicht absetzt als am unteren Ende, so muß zur Beibehaltung ein und derselben Neigung der Oberfläche der untere Teil des Herdes durch die Stellketten nach und nach gehoben werden.

Der Stoßherd eignet sich am besten für Mehle und röschere Schlämme; Sande werden zweckmäßiger auf Feinkornsetzmaschinen, zähe Schlämme vorteilhafter auf Linkenbach'schen Herden verarbeitet.

Derjenige Teil des durchgestoßenen Vorrates, der nochmals durchgearbeitet werden soll, wird mittels Schaufel in großen Stücken abgestochen, lieferbarer Schlich dagegen wird mit der Kratze abgezogen (abgeschabt), um hierdurch eine Mengung der übereinander abgelagerten Schichten zu erzielen. Den Schlich, der sich auf dem obersten Teile des Herdes abgelagert hat, nennt man auch Stirn, den übrigen Teil Abstiche. Der unterste Abstich besteht nur aus Bergen und wird in die wilde Flut gestürzt, der übrige Abstich wird je nach dem verschiedenen Metallinhalte zur Weiterverarbeitung in mehrere Abteilungen getrennt. Vor dem Abstechen des Vorrates läßt man den Herd mit schwachen Stößen eine Zeit lang leer gehen, damit sich der Schlich fester zusammensetzt und das Wasser daraus thunlichst entfernt wird.

Die Länge eines Stoßherdes nimmt man im Mittel zu 4 *m*, die lichte Breite zu 1,2 *m*; die Anzahl der Stöße i. d. Min. schwankt zwischen 20 und 40, röscher Vorrat verlangt eine größere Zahl; die Länge des Ausschubes beträgt für Röschhäuptel bis 15 *cm*, für die zähesten Sumpfschlämme nur 1,5 *cm*. An trübem und hellem Wasser zusammen braucht man für einen Herd i. d. Min. im Mittel 30 *l*, wobei für grobe Geschicke mehr, für feine weniger helles Wasser gegeben wird; die Herdneigung ist bei Sumpfschlämmen fast 0°, für Röschhäuptel bis 6°. Der Kraftbedarf für einen Herd ist etwa zu 1 Pfkr. zu veranschlagen; die durchschnittliche Leistung eines Herdes in der zwölfstündigen Schicht beträgt 10 Doppel-Ctn. Liefererz.

Der Rittingerherd. *)

Der Rittingerherd arbeitet continuierlich, das wird dadurch erreicht, daß auf den ebenen geneigten Herd (Fig. 230) die Trübe t nur auf 1/4 der Herdbreite, auf den anderen 3/4 dagegen Läuterwasser w über Happenbretter aufgegeben wird; außerdem erhält der Herd einen Querstoß. Der Herd selbst ist ähnlich wie die anderen ebenen Herde gebaut, doch ist er halb so breit als lang und in einem Herdgerüste an 4 Ketten so aufgehängt, daß die Dielung der Quere nach in Wage liegt. Unter der Herdmitte befindet sich eine starke Querschwelle, sogenannte Zunge z, an diese greift einerseits eine Daumenwelle an und erteilt dem Herde gegen den Druck einer Feder den Querstoß, andererseits fällt der Herd nach jedem Stoße mit der Zunge gegen den Stauchklotz p zurück. Während nun der Trübestrom die Körnchen über den Herd nach seiner stärksten Neigung hinwegzuführen strebt, werden die einzelnen Teilchen allmählich infolge ihres Trägheitsmomentes durch die Querstöße derjenigen Herdseite genähert, an der sich der Stauchklotz befindet, so daß unter Mitwirkung des Läuterwassers jedes Körnchen auf der Herdfläche eine Parabel beschreibt. Diese wird um so gekrümmter, d. h. das Teilchen nähert sich um so mehr dem Borde an der Seite des Stauchklotzes, je länger es auf der Herdfläche verweilt, je mehr Querstöße also darauf wirken; das sind aber bei jeder Herdarbeit die kleinsten und schwersten

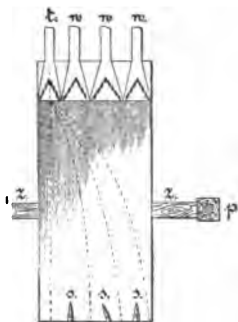


Fig. 230. Rittingerherd.
t Trübezufluß, w Läuterwasserzufluß, z Zunge, p Stauchklotz, s Teiler.

*) Rittinger, Lehrbuch der Aufbereitungskunde. S. 455.

Körnchen. Die Herdfläche muß thunlichst eben sein, um ein gleichmäßiges Gleiten der Körnchen zu ermöglichen.

Um die auf solche Weise getrennten Kornklassen für sich zu halten, sind am unteren Herdrande verstellbare Teiler s angebracht, so daß hierdurch das Gut von bestimmten Streifen der Herdbreite durch Vorlagetafeln verschiedenen Gerinnen zugeführt werden kann. Das Zwischengut wird nach Bedarf auf einem zweiten Herde weiter angereichert.

Gewöhnlich werden zwei Herde zu einem Doppelherde vereinigt; die Länge jedes Herdes beträgt nach Rittinger im Mittel 2·4 *m*, die Breite 1·2 *m*, die Neigung des Herdes bei röschen Mehlen 6°, bei Schlämmen 3°, die Trübemenge i. d. Min. bei röschen Mehlen 6 *l*, bei Schlämmen 3 *l*; dabei soll die Trübe bei röschen Mehlen 25, bei Schlämmen 10 Gewichtsprocente feste Bestandteile enthalten. An Läuterwasser werden bei röschen Mehlen 18 *l*, bei Schlämmen 12 *l* i. d. Min. benötigt; die Zahl der Stöße schwankt zwischen 70 bis 100 i. d. Min., die Größe des Ausschubes zwischen 65 und 20 *mm*. Bei einer Betriebskraft von 1/4 Pfkr. für einen Doppelherd können auf demselben in der 12-stündigen Schicht 6—24 Doppel-Centner Mehle verarbeitet werden, bei zähem Korn weniger, bei röschem mehr. Zur Bedienung genügt ein Mann für zwei Doppelherde. Der continuierliche Stoßherd eignet sich besonders für rösche Mehle.

Der Stein'sche Herd.*)

Der Stein'sche Herd ist ein Leerherd mit Querstoß, dessen arbeitende Herdfläche eine bewegliche Plane ohne Ende aus Gummistoff mit Leinwandeinlage ist. Der Herd besteht aus einem Rahmen, dem durch Stellschrauben eine beliebige Neigung gegeben

*) O. Bilharz. Über Feinkorn- und Schlamm-Aufbereitung u. s. w. Österr. Ztschr. 1890, S. 213.

werden kann und dessen hin- und hergehende Bewegung ähnlich wie beim Rittingerherde erreicht wird. In dem Herdrahmen sind zur Seite der eben gedielten Herdplatte zwei Walzen verlagert, über diese und die Herdplatte ist die Plane gespannt; der unter der Herdplatte befindliche Teil derselben wird von schwächeren Walzen getragen. Eine der oberen Walzen, die Treibwalze, wird bei der Hin- und Herbewegung des Herdes durch Schubklinke und Sperrrad gedreht und erteilt dadurch der Plane eine stetige Bewegung in der Querrichtung des Herdes. Um dieses Gleiten der Plane zu erleichtern, sind auf der Herdplatte schräg verlaufende Rinnen eingearbeitet, diesen wird Klarwasser zugeführt, und die Plane ruht daher auf einer dünnen Wasserschicht, dem sogen. Wasserbett, durch welches die Adhäsion wesentlich vermindert wird. Das Herabrutschen der Plane auf der Herdtafel wird durch Klötzchen verhindert, die am oberen Rande der Plane befestigt sind und in einer Führung gleiten.

Die Herdfläche ist etwa dreimal so breit als lang, nur auf dem ersten Viertel der Breite wird über eine Stelltafel Trübe aufgegeben, die schwereren Bestandteile lagern sich auf der Herdfläche ab, die leichteren gelangen in das Herdflutgerinne; über den anderen drei Vierteln der Herdfläche liegt diagonal ein Brausenrohr, daselbst werden die abgelagerten Teilchen zunächst geläutert, dann abgespült und verschiedenen Sammelkästen zugeführt.

Die Leistungsfähigkeit ist dem Rittingerherde etwa gleich, doch ist der Stein'sche Herd leichter gebaut, daher die Aufstellung billiger und der Kraftbedarf geringer; die Plane gleitet mit einer Geschwindigkeit von 5 *cm* i. d. Sec., die Anzahl Stöße beträgt 150 i. d. Min., die Größe des Ausschubes 15 *mm*.

6. Beispiele für den allgemeinen Gang der Aufbereitung.

Bei der Steinkohlenaufbereitung werden die Förderkohlen zunächst durch Stürzen über Stangensiebe (Briart'sche Rätter) in Stücke und Klarkohlen getrennt. Die Stückkohlen werden auf Transportbändern in die Vorratsräume oder unmittelbar zur Verladung befördert, jedoch auf diesem Wege ausgelesen, so daß aus der reinen Stückkohle die Berge und die durchwachsenen Stücke entfernt werden. Die letzteren gelangen auf einen Steinbrecher zur Zerkleinerung und werden dann zusammen mit den Klarkohlen bis zur höchsten Sohle der Aufbereitung gehoben, um dort in der Klassiertrommel nach der Korngröße getrennt zu werden. Die größeren Körner werden auf den Grobkornsetzmaschinen sortiert, wobei die Kohlen über die Wand, die Berge durch einen über dem Siebe befindlichen Schlitz ausgetragen werden. Die kleineren Körner werden auf zweiteiligen Bettsetzmaschinen verarbeitet, die Berge gehen durch das Bett, die Kohlen werden über den Sieben fort ausgetragen und setzen sich in besonderen Behältern ab. Die auf den Grobkornsetzmaschinen abgeschiedenen Berge enthalten noch eingewachsene Kohlen und werden daher durch ein Walzwerk weiter zerkleinert und auf den Bergesetzmaschinen nochmals gesetzt; die hieraus gewonnene Kohle ist jedoch unrein.

Die in der ganzen Wäsche fallenden Berge- und Kohlenschlämme werden in getrennte Sümpfe geführt und von Zeit zu Zeit ausgeschlagen; das leidlich geklärte Wasser wird durch Centrifugalpumpen gehoben und wiederholt als Waschwasser benutzt.

Der Gang der Erzaufbereitung bei z. T. derben, z. T. eingesprengten Geschicken pflegt der folgende zu sein:

Soweit thunlich findet schon in der Grube eine Trennung der Derberze, der durchwachsenen Massen, einschließlich des Grubenklein's, und der Berge statt. Die Derberze werden der Scheidearbeit überwiesen, wobei lieferbare Derberze und durchwachsene Massen fallen, die letzteren werden zusammen mit den geförderten der nassen Aufbereitung übergeben und zur ersten Zerkleineruug auf dem Steinbrecher gebrochen, dann in Siebtrommeln klassiert. Die größten Stufen werden geklaubt und nur die durchwachsenen der zweiten Zerkleinerung durch ein Walzwerk (Grobwalzwerk) überwiesen. Die kleineren Stufen und Graupen werden auf mehrteiligen Setzmaschinen gesetzt, deren Producte lieferbares Erz, reichere und ärmere durchwachsene Massen, endlich Berge sind. Die reicheren durchwachsenen Massen werden weiter durch Walzwerke allmählich zerkleinert, dann in Siebtrommeln klassiert und gesetzt, während die armen durchwachsenen Massen (Pocherze) auf dem Naßpochwerke vollends zerkleinert und dann auf Spitzkästen, in Stromgerinnen und dergl. sortiert werden. Die so erhaltenen Sande werden auf Feinkornsetzmaschinen weiter verarbeitet, während die Mehle und Schlämme der Herdarbeit zugewiesen werden.

XI. Betrieb und Verwaltung der Gruben.

Allgemeines.

Die **Ertragsfähigkeit** (Rentabilität) eines Bergbaubetriebes hängt zwar in erster Linie von dem Vorhandensein einer ausreichenden Menge nutzbarer Mineralien ab, andererseits hat jedoch die zweckentsprechende **Einrichtung** und **Verwaltung** einer Grube auf das Geschäftsergebnis einen so wesentlichen Einfluß, daß namentlich in allen denjenigen Fällen, in denen die natürlichen Verhältnisse minder günstige sind, ein Ertrag nur bei guter Leitung und Verwaltung erzielt werden kann. Bestimmte Regeln lassen sich hierfür zwar nicht geben, da gerade bei den bergbaulichen Unternehmungen die Umstände sehr verschiedene sein können, was Art und Wert der Producte, Preise der Materialien, Lage der Werke, Culturstufe und Hilfsmittel des betreffenden Landes u. s. w. betrifft, doch lassen sich allgemeine Grundsätze aufstellen, die in den meisten Fällen zum Anhalten dienen können.

In der günstigsten Lage sind naturgemäß, was Einrichtung des Betriebes und der Verwaltung betrifft, Unternehmungen, die in Gegenden neu in's Leben gerufen werden, in denen Bergbau bereits betrieben wird, da hier die früheren Erfahrungen ein Anhalten für die ganze Einrichtung und die Voranschläge darbieten. Das **Anlagekapital** für eine neue Unternehmung soll nicht zu niedrig, aber auch nicht zu hoch bemessen sein; im ersteren Falle wird die Entwickelung des Unternehmens gehemmt, im zweiten Falle ist die Verzinsung und spätere Amortisation mit Schwierigkeiten verknüpft. Das Gleiche gilt für das **Betriebskapital**, welches die Bestreitung der Betriebskosten bis zur Lieferung von Erträgen ermöglichen soll.

Während der Entwickelungszeit eines Unternehmens sind nur die unbedingt nötigen Arbeiten auszuführen; sobald die Ertragsfähigkeit gesichert ist, können und sollen auch solche Arbeiten vorgenommen werden, welche dazu bestimmt sind, in späterer Zeit Nutzen zu bringen, so das Weiterverteufen der Hauptschächte, die Herstellung vollkommener Aufbereitungs- und Verladeeinrichtungen, die Aufstellung von Reservemaschinen zur Förderung, Wasserhaltung und Wetterführung, die Ersetzung der Menschenkraft durch billige Maschinenkraft bei den Gewinnungsarbeiten und der Streckenförderung, u. s. w.

Die Verwaltung jedes technischen Unternehmens zerfällt in die technische und kaufmännische; je nach der Ausdehnung der Geschäfte liegen entweder beide Verwaltungen in einer Hand oder sie werden unter zwei Directoren verteilt, denen bei sehr großen Werken noch ein Generaldirector oder Oberdirector vorgesetzt ist. In allen Fällen ist ein sachgemäßes Zusammenarbeiten aller Beamten eines Betriebes unbedingt erforderlich. Der höchste Beamte ist auf Werken von Alleinbesitzern zu gleicher Zeit Vertreter des Besitzers, falls dieser nicht einen Teil der Geschäfte führt und die Vertretung selbst übernimmt. Bei Actiengesellschaften vertritt der Aufsichtsrat, welcher von den Besitzern (Actionären) in der Generalversammlung auf Zeit gewählt wird, dem oder den Directoren gegenüber die Rechte der ersteren, bei den Gewerkschaften der Grubenvorstand.

Der technische Director leitet den Betrieb, es sind ihm die Bergverwalter (Betriebs-Assistenten), Obersteiger und Steiger sowie die Bergarbeiter unterstellt, es liegt ihm die Überwachung der Gewinnung und Aufbereitung der Mineralien ob, wozu auf Kohlenwerken auch die Verkokung und Briketierung kommt.

Der kaufmännische Director sorgt für den möglichst vorteilhaften Verkauf der fertigen Erzeugnisse (Producte), er muß deshalb eine genaue Kenntnis des

Marktes und des Absatzgebietes besitzen; er überwacht ferner die Verladung und den Versand, es gehören daher zu seinem Verwaltungsbereiche die Kohlenmesser und Wagemeister. Ferner leitet er die Kassengeschäfte nebst Belegführung und die Buchführung. Letztere soll zwar jederzeit über den Zustand des Geschäftes und auch jedes Geschäftszweiges genaue Auskunft geben, muß jedoch in ihren Einzelheiten so eingerichtet werden, daß der dafür verfügbare Aufwand an Zeit und Geld nicht überschritten wird. Auch der Verkauf der beim Betriebe entfallenden Altmaterialien ist Sache der kaufmännischen Leitung.

Geschäftsberichte und Voranschläge werden von beiden Directoren zusammen abgefaßt, auch der Ankauf der Materialien, z. T. der Gerätschaften, wird gewöhnlich von dem technischen und kaufmännischen Director gemeinschaftlich in der Weise besorgt, daß der technische Leiter die für den Betrieb nötigen Mengen festsetzt, sowie die Anforderungen bezüglich Maß und Güte bestimmt, welche an jedes Material zu stellen sind, während die kaufmännische Leitung die Beschaffung, die Übernahme und Überführung in die Bestände der Materialverwaltung übernimmt.

Auf der Grube soll in jeder Beziehung die peinlichste Ordnung herrschen, da nur so die Übersichtlichkeit des Betriebes gewahrt werden kann. Durch die Dienstvorschriften soll jedem Beamten sein Geschäftskreis derart bestimmt sein, daß es keinem Zweifel unterliegt, welcher Beamte ein bestimmtes Geschäft zu verrichten oder zu beaufsichtigen hat, andererseits muß die Thätigkeit aller Beamten richtig ineinander greifen und sich gegenseitig controlieren. Das letztere kann geschehen durch Beaufsichtigung seitens eines vorgesetzten Beamten oder durch das Zusammenwirken zweier gleichgestellter Beamter. Die geförderten Kohlenmengen z. B. werden für die einzelnen Arbeitergruppen gewöhnlich von den Anschlägern nach den Zeichen, welche den

einzelnen Wagen beigegeben werden, in Listen täglich zusammengestellt und von ihnen, sowie gelegentlich von den Steigern, auf richtiges Maß und Reinheit geprüft. Den Kameradschaftsältesten steht die Einsicht in die Förderliste frei. Die Abnehmer zählen die Anzahl der Hunde nach, und auch bei Abgabe an die Aufbereitung findet eine nochmalige Durchsicht und Zählung statt.

Der technische Betrieb im besonderen.

Die Verteilung der Geschäfte findet auf größeren Werken gewöhnlich derart statt, daß jüngere wissenschaftlich gebildete Beamte (Bergverwalter, Assistenten) den Director in der Aufsichtführung bei einer Betriebsabteilung sowie in den allgemeinen Verwaltungsgeschäften unterstützen. Jeder Betriebsabteilung ist außerdem ein Obersteiger zugeteilt, welcher der unmittelbare Vorgesetzte der Steiger ist. Auf wenig ausgedehnten Werken stehen die Obersteiger unmittelbar unter dem Betriebsdirector, ja auf ganz kleinen Gruben liegt wohl die Beaufsichtigung des ganzen Betriebes in einer Hand.

Der Obersteiger ist dafür verantwortlich, daß der Betrieb in der ihm unterstellten Betriebsabteilung in Übereinstimmung mit den Anweisungen der Direction geführt wird.

Die Steiger sind auf die Arbeitsdrittel und Reviere verteilt, besorgen vor und nach der Schicht, die je nach örtlichen Gewohnheiten 12, 10, auch 8 Stunden währt, das Verlesen der Mannschaft und erteilen die nötigen Anweisungen; sie fahren kurz nach der Mannschaft ein und führen die Aufsicht während der Schicht. Hierbei haben sie im besonderen darauf zu sehen, daß die Arbeit in der vorgeschriebenen Weise, sowie es die besondere Art des Betriebes und die Sicherheit des Werkes und der Arbeiter verlangt, ausgeführt wird. Was den Betrieb anlangt, so ist vornehmlich auf die reine Gewinnung der anstehenden Mineralien zu achten, andererseits ist die Mitgewinnung von zu armen Massen

und Bergen zu vermeiden. Die letzteren sind soweit thunlich zu versetzen, so daß sie die Förderung nicht belasten. Edelerze sind auszuhalteu; bei der Kohlengewinnung ist auf den Stückkohlenfall Rücksicht zu nehmen. Sparsame Verwendung der Materialien ist anzustreben.

Besonders sind die Arbeiter immer wieder zur Nachachtung der behördlichen Vorschriften anzuhalten, denn nur so kann sich der Steiger vor schwerer Verantwortung schützen, wozu er namentlich dann herangezogen wird, wenn Unglücksfälle infolge Nichtbeachtung gesetzlicher Vorschriften sich ereignen. Den Arbeitern gegenüber haben sich die Steiger eines streng rechtlichen Verfahrens im besonderen in allen Lohnangelegenheiten und einer gleichmäßig wohlwollenden Behandlung zu befleißigen, ihr Auftreten soll ein ruhiges, überlegtes sein, dabei muß jedoch namentlich dann, wenn es sich um Ungehorsam handelt, die nötige Strenge und Thatkraft Platz greifen. Auf manchen Werken giebt es besondere Zimmer-, Maurer- und Maschinensteiger.

Den Steigern liegt außer dem Grubendienst die Führung der Arbeitslisten, der Förder- und Lohntabellen als Unterlagen für die Lohnberechnung ob, sie erstatten nach jeder Schicht dem Obersteiger Bericht und dieser wiederum berichtet über die ganze Betriebsabteilung an den nächsten Vorgesetzten. In allen dringlichen Fällen wird auf dem kürzesten Wege an den technischen Director berichtet.

Die Bergarbeit ist schwere Arbeit, dabei erfordert sie zur Vermeidung der Gefahren Umsicht, Entschlossenheit und zweckentsprechendes Eingreifen von Seiten des einzelnen Mannes. Mehr noch als bei anderen Gewerben ist es daher im Bergbau nötig, die Fähigkeiten jedes Mannes richtig zu beurteilen und ihn in der geeignetsten Weise zu beschäftigen. Andererseits gewährt die Bergarbeit den Arbeitern vor anderen Beschäftigungen den Vorteil, daß sie das ganze Jahr hindurch einen

gleichmäßigen Verdienst bietet, fast unabhängig von den Jahreszeiten und Witterungsverhältnissen.

Der Verdienst des Bergarbeiters soll so bemessen werden, daß eine Familie bei wirtschaftlicher Einrichtung davon leben und einen Notgroschen ersparen kann. Der Bergarbeiter soll nur Bergmann sein, es bringt der Grube keinen Nutzen, wenn er nach verfahrener Schicht noch anderem Verdienste nachgeht; der Liebe zum Beruf und der Anhänglichkeit an die Grube wird dadurch leicht Eintrag gethan. Es ist von der größten Wichtigkeit, daß sich die Grubenverwaltung einen ständigen, nicht wechselnden Arbeiterstand heranziehe, namentlich ist es vorteilhaft, wenn die Arbeiter sich von Jugend auf an die Grubenarbeit gewöhnen und dadurch mit der Arbeit völlig vertraut werden. Opfer an Geld, die für diesen Zweck gebracht werden, pflegen, allerdings erst mit den Jahren, der Grube dauernden Nutzen zu bringen, dahin ist z. B. zu rechnen der Bau von Arbeiterwohnungen und Logierhäusern, die Einrichtung von Consumvereinen u. s. w.

Die Löhne sind entweder Schichtlöhne oder Gedinglöhne, bei den ersteren richtet sich die Bezahlung nach der Arbeitszeit, bei den letzteren nach der wirklich geleisteten Arbeit. Schichtlohn wird zweckmäßig für solche Arbeiten gezahlt, welche mit ganz besonderer Aufmerksamkeit verrichtet werden und bei denen die Arbeitsleistung wesentlich von anderen Umständen, als von der Körperkraft des Arbeiters, abhängig ist, wie z. B. die Handscheidung der Erze, schwierige Herstellung von Grubenausbau und dergl. Arbeiten, die im Schichtlohn verrichtet werden, sind besonders gut zu beaufsichtigen, damit die Arbeiter nicht lässig werden.

Alle laufenden Arbeiten sind thunlichst zu verdingen und zwar soll das Gedinge so gestellt werden, daß ein Arbeiter von mittlerer Tüchtigkeit auf das Schichtlohn kommt, es soll also den besseren Arbeitern ermög-

licht werden, mehr als das Schichtlohn zu verdienen, wobei aber nicht ausgeschlossen ist, daß lässige oder ungeschickte Arbeiter das Schichtlohn nicht ganz erreichen. Ein richtiges Stellen der Gedinge erfordert große Erfahrung und eine genaue Kenntnis aller einschlagenden Verhältnisse, es ist gewöhnlich Sache der Obersteiger. Ein einmal abgeschlossenes Gedinge soll, falls sich die Verhältnisse nicht ganz wesentlich ändern, auch von beiden Seiten gehalten werden; ein Herabsetzen der Gedinge bei gutem Verdienst nimmt dem Arbeiter die Lust an der Arbeit, aber auch die nachträgliche Erhöhung eines Gedinges soll nur ausnahmsweise statthaben. Der Lohnertrag für die Schicht giebt namentlich dann ein Urteil über die Gedingstellung, wenn man bei denselben Arbeiten verschiedene Kameradschaften beschäftigt.

Nach der Art der Arbeit unterscheidet man Längen- oder Metergedinge vor Ortsbetrieben, Quadratmetergedinge beim Aushiebe auf Erzgängen, Gedinge nach der geförderten Kohlenmenge, Gedinge für Zimmerarbeiten nach der Zahl der gestellten Baue u. s. w. Am Harz kommen auch Häuergedinge vor nach der gesamten Tiefe der gebohrten Bohrlöcher. Gewöhnlich werden die Gedinge auf 4 bis 6 Wochen abgeschlossen, je nach den Gewohnheiten bei der Auslohnung; alle 2 Wochen werden Abschlagssummen gezahlt. Generalgedinge werden zur Ausführung größerer Arbeiten abgeschlossen, z. B. Auffahren eines längeren Querschlages, Ausmauerung eines Schachtes. Prämiengedinge gewähren eine bestimmte Geldprämie, falls eine vorher vereinbarte Arbeitsleistung erreicht oder übertroffen wird.

Im Gedinge ist meistens der Aufwand an Spreng- und Zündmitteln, welche von der Grube zum Selbstkostenpreise abgegeben werden, mit inbegriffen, um die Arbeiter zu zweckentsprechender Verwendung anzuspornen. Für das Geleucht haben die Arbeiter gewöhnlich dann selbst zu sorgen, wenn offenes Geleucht verwendet wird;

Sicherheitsgeleucht wird von den Gruben beschafft und von eigens dazu angestellten Arbeitern gereinigt und mit Leuchtstoff versehen, jedoch werden auf Kosten der Arbeiter schadhafte Teile, z. B. zerbrochene Glascylinder, ersetzt. Das Gezähe ist teils Eigentum der Grube, teils Eigentum der Arbeiter; das Schärfen wird von der Grube besorgt und je nach Gewohnheit den Arbeitern in Rechnung gestellt, oder nicht.

Die Übersichtlichkeit des Betriebes wird ungemein erleichtert durch eine gute Actenführung, durch vergleichende Zusammenstellungen der Betriebsergebnisse und durch ein ausführliches Rißwesen.

Die fortgesetzte Berechnung der Gestehungskosten (Selbstkostenberechnung) ergiebt in dem Steigen oder Fallen der Gesamt- sowie der Einzelbeträge sehr wichtige Unterlagen für die Beurteilung des Betriebes in seinen Einzelheiten. Ebenso sind vergleichende Zusammenstellungen über Arbeitsleistung, Lohnverhältnisse, Production auf 1 *qm* abgebaute Lagerstätte und auf den Kopf der gesamten Belegschaft u. s. w. von großem Nutzen.

Die Gestehungskosten setzen sich wesentlich aus den folgenden Einzelbeträgen zusammen: Löhne für Grubenarbeit, Materialverbrauch, Unterhaltung der Gebäude und Maschinen, Kosten der Aufbereitung, der Verladung und Fracht, der Verwaltung.

Die Löhne für die Grubenarbeit zerfallen wiederum in Häuerlöhne bei der Gewinnung, Löhne für die Förderung und sonstige Löhne. Der Betrag der Häuerlöhne für den Metercentner gewonnene (bezw. verkäufliche) Mineralien hängt ab von der Beschaffenheit (Reinheit, Mächtigkeit) der Lagerstätte und des Nebengesteins, sowie von der Geschicklichkeit der Arbeiter; die Kosten der Förderung können durch passende Verwendung von Maschinenkraft auch bei der Streckenförderung

und durch gute Instandhaltung der Förderbahnen wesentlich herabgezogen werden. Die sämtlichen bei den Vorrichtungsarbeiten, zur Unterhaltung der Grubenbaue, zur Bedienung der Maschinen u. s. w. entstehenden Ausgaben an Löhnen werden als sonstige Löhne zusammengefaßt.

Im Materialverbrauch pflegen die Materialien für den Grubenausbau, namentlich Holz, ferner Steine und Mörtel, sowie Walzeisen, die größte Rolle zu spielen, und zwar tritt diese Ausgabe ganz besonders im Kohlenbergbau in den Vordergrund. Ferner können die Ausgaben für Geleucht, Spreng- und Zündmittel und für Eisen und Stahl zur Anfertigung von Gezähen und Ausbesserung von Gerätschaften hohe Beträge erreichen. Die zur Erzeugung von Dampf verbrauchte Kohle ist nicht nur auf Erzgruben, sondern auch auf Steinkohlenwerken als Materialaufwand zu betrachten, sie tritt gewöhnlich als Selbstverbrauch in den Rechnungen auf. Für die Unterhaltung einer Dampfpferdekraft hat man auf Erzgruben etwa 300, auf Kohlengruben etwa 200 Mark jährlich zu verausgaben. Im letzteren Falle fällt die Fracht fort, auch wird die geringwertigste, oft sonst unverkäufliche Kohle verfeuert, auf Steinkohlengruben Kohlenschlämme, die zur Verkokung zu unrein sind, auf Braunkohlengruben die Klarkohle.

Nach den Zusammenstellungen über den Materialaufgang läßt sich mit Zuverlässigkeit der für einen Betriebsabschnitt erforderliche Materialbedarf bestimmen.

Als Unterhaltungskosten für Gebäude und Maschinen sind diejenigen Beträge anzusetzen, welche zur Erhaltung des gebrauchsfähigen Zustandes aufgewendet werden. Die Kosten für wesentliche Verbesserungen (Meliorationen) und für etwaige Neubauten werden dem Werte der Anlagen zugeschrieben.

Die Aufbereitungskosten sind bei den verschiedenen Betrieben sehr verschieden hoch. Auf Braunkohlenwerken pflegt nur eine Trennung der geförderten Kohlen durch Siebe in die verschiedenen Korngrößen zu erfolgen, auch waren bis vor kurzem einige Steinkohlenbecken in der glücklichen Lage, für die unaufbereitete Klarkohle flotten Absatz zu entsprechenden Preisen zu finden. In den meisten Steinkohlenrevieren jedoch findet z. B. eine weitgehende Aufbereitung der Kohlen statt. Verkokung und Briketierung haben gewöhnlich selbstständige Betriebskonten. Am höchsten sind die Aufbereitungskosten auf denjenigen Erzgruben, welche eingesprengte oder durchwachsene Massen fördern.

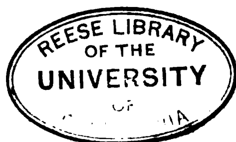
Inwieweit die Kosten für Verladung und Fracht der Erzeugnisse von den Gruben getragen werden, hängt von den Handelsgewohnheiten ab. Die Hütten kaufen die Erze gewöhnlich loco Hütte, es haben daher die Erzgruben Verladung und Fracht zu tragen; die Steinkohlenwerke verkaufen dagegen meistens loco Werk, so daß der Grube nur die Verladungskosten zur Last fallen, die Fracht jedoch den Abnehmern.

Zu den Verwaltungskosten rechnet man die Gehälter und Remunerationen, ferner die Abgaben, die Werksbeiträge für Kranken- und Unfallversicherung sowie für Pensionierung der Beamten und Arbeiter, die Markscheiderkosten, Pacht für Grund und Boden, für Wasserkraft u. s. w. Die auf die Productionseinheit entfallenden Verwaltungskosten pflegen um so niedriger auszufallen, je größer die Production ist.

Amortisation und Verzinsung des Anlagekapitals bilden gewöhnlich einen besonderen Rechnungsabschnitt.

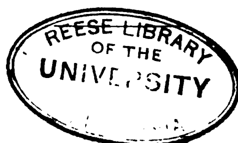
Die Rißführung ist in den meisten Ländern behördlich vorgeschrieben. Ein gutes Rißwesen ist für den technischen Betrieb von größter Wichtigkeit, es erleichtert

in vielen Hinsichten die Betriebsführung und ist für größere Anlagen die unerläßliche Grundlage. Hierhin gehören beispielsweise die Herstellung von Schächten durch Abteufen und Überbrechen von mehreren Sohlen aus, der Betrieb langer Querschläge durch Auffahrung von Ort und Gegenort, die Anlage von Wasserstrecken und dergl.



Register.

Die Zahlen bedeuten Seiten.




TN145
T72
96879

